

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування

Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня магістр

студента Куриленко Людмили Олексіївни

(ПІБ)

академічної групи 183М-19з-1 ІІІ

(шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»

на тему «Підвищення ефективності побутових систем доочищення питної води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки»

(назва за наказом ректора)

| Керівники      | Прізвище, ініціали | Оцінка | Підпис |
|----------------|--------------------|--------|--------|
| роботи         | Колесник В.Є.      |        |        |
| розділів:      |                    |        |        |
| Теоретичного   | Колесник В.Є.      |        |        |
| Дослідницького | Колесник В.Є.      |        |        |
| Технологічного | Колесник В.Є.      |        |        |
| Охорони праці  | Столбченко О. В.   |        |        |
| Економічного   | Павличенко А.В.    |        |        |
| Рецензент      | Рудніцька Ю.О      |        |        |
| Нормоконтролер | Ґрунтова В.Ю.      |        |        |

Дніпро  
2020

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
 завідувач кафедри ЕТЗНС  
Павличенко А.В.  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ року

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу ступеня магістра**  
**студенту Куриленко Л.О академічної групи 183М-19з-1 ПІ**  
 (прізвище та ініціали) (шифр)  
**спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»**  
**за освітньо-професійною програмою – Технології захисту навколишнього**  
 (офіційна назва)

середовища

**на тему «Підвищення ефективності побутових систем доочищення питної**

**води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки», затверджену**  
**наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.11.2020 р № 987-с**  
**(наводиться наказ, яким затверджено тему кваліфікаційної роботи)**

| Розділ        | Зміст  | Термін виконання         |
|---------------|--|--------------------------|
| Теоретичний   | Проаналізувати проблемну ситуації стосовно забруднення питної води в системі комунального водопостачання. Виконати аналіз якості основних джерел питної води в регіоні та компонентного складу води на рівні споживання. Критично проаналізувати основні існуючі технології очищення води на водоканалах та в побутових умовах | 01.09.2020<br>01.11.2020 |
| Дослідницький | Обстежити побутові системи очищення води та проаналізувати способи нормалізації її якості на рівні споживання населенням. Оцінити екологічний стан систем водопостачання та обґрунтувати важливість застосування технології ультратонкої очистки на основі результатів випробувань портативного фільтру на його основі         | 05.10.2020<br>29.11.2020 |
| Технологічний | Розробити технічне рішення щодо впровадження побутової системи доочищення питної води із застосуванням портативних фільтрів ультратонкої очистки.  | 05.10.2020<br>29.11.2020 |
| Охорона праці | Проаналізувати небезпечні та шкідливі фактори життєдіяльності при застосуванні побутової системи доочищення питної води  | 09.11.2020<br>13.12.2020 |
| Економічний   | Виконати економічні розрахунки ефективності впровадження побутових систем доочищення питної води фільтром ультратонкої очистки   | 09.11.2020<br>13.12.2020 |

Завдання видано \_\_\_\_\_ Колесник В.Є.  
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Куриленко Л.О  
 (підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 92 с., 10 рис., 18 таблиць, 32 літ. джерел, 4 додатка.

У вступі розглянуто проблемну ситуацію стосовно питної води. Сформульовано мету і задачі кваліфікаційної роботи.

В теоретичному розділі проаналізовано проблемну ситуації стосовно забруднення питної води в системі комунального водопостачання. Виконано аналіз якості основних джерел питної води в регіоні та компонентного складу води на рівні споживання. Проаналізовано основні існуючі технології очищення води на водоканалах та в побутових умовах

У дослідницькому розділі наведені результати обстеження побутових системи очищення води та проаналізовано способи нормалізації її якості на рівні споживання населенням. Дано оцінку екологічного стану систем водопостачання та обґрунтовано важливість застосування технології ультратонкої очистки за результатами випробувань портативного фільтру.

У технологічному розділі запропоновано технічне рішення щодо доочищення питної води із застосуванням портативних фільтрів ультратонкої очистки. Наведені розрахунки основних параметрів технологічного обладнання. Аналітично визначено відповідність питної води існуючим нормам після доочистки з фінальним фільтром ультратонкої очистки. Розроблено пропозиції та рекомендацій з впровадження й подальшого удосконалення технології очищення питної води побутовими системами.

У розділі «охорона праці» проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори життєдіяльності при застосуванні побутової системи доочищення питної води, а в «економічному розділі» виконано розрахунки економічної ефективності впровадження побутових систем доочищення питної води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки

У висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

**ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ, СИСТЕМИ  
ДООЧИСТКИ ВОДИ, УЛЬТРАТОНКА ФІЛЬТРАЦІЯ ВОДИ**

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 6  |
| 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНОЇ СИТУАЦІЇ СТОСОВНО ЗАБРУДНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В СИСТЕМІ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....   | 8  |
| 1.1 Аналіз якості основних джерел питної води в регіоні.....   | 8  |
| 1.2 Загальна оцінка компонентного складу води на рівні споживання...   | 12 |
| 1.2 Критичний аналіз основних існуючих технологій очищення води на водоканалах та в побутових умовах.....  | 16 |
| 2 АНАЛІЗ ПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЯК СПОСІБ НОРМАЛІЗАЦІЇ ЇЇ ЯКОСТІ НА РІВНІ СПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕННЯМ.....  | 36 |
| 2.1 Оцінка екологічного стану систем водопостачання в Україні.....   | 36 |
| 2.2 Принцип технології ультратонкої очистки, конструктивні особливості та результати випробувань портативного фільтру на його основі.                        | 48 |
| 3 РОЗРОБЛЕННЯ ПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОРТАТИВНИХ ФІЛЬТРІВ ультратонкої очистки .....                                      | 58 |
| 3.1 Розрахункова методика визначення відповідності питної води існуючим нормам після доочистки з фільтром ультратонкої очистки.....                          | 58 |
| 3.2 Розрахунок та вибір необхідного основного технологічного обладнання .....  | 61 |
| 3.1 Розрахунок відповідності очищеної води існуючим нормам питної води після доочистки побутової системою із застосуванням фільтру ультратонкої очистки..... | 64 |
| 3.2 Розробка пропозицій та рекомендацій з впровадження подальшого удосконалення технології очищення питної води побутовими системами. ....                   | 65 |
| 4 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ .   |    |
| .....  | 68 |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.1 Шум та вібрація.....  | 68        |
| 4.2 Електробезпека.....   | 68        |
| 4.3 Безпека технологічних процесів та обслуговування побутової системи ультратонкої очистки води.....                               | 70        |
| 4.4 Пожежна безпека у побуті .....  | 71        |
| <b>5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОБУТОВИХ СИСТЕМ ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ФІЛЬРОМ УЛЬТРАТОНКОЇ ОЧИСТКИ.....</b> | <b>74</b> |
| 5.1 Розрахунок кошторису обладнання на основі ультратонкої очистки на прикладі мембрани Dow™ Filmtec™.....                          | 74        |
| 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат в базовому варіанті .....   | 75        |
| 5.3 Витрати користувача при використанні побутової системи ультратонкої очистки води.....   | 77        |
| 5.4 Економічне обґрунтування ефективності впровадження побутової ультратонкої очистки води.....                                     | 77        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>  | <b>79</b> |
| Перелік посилань.....   | 81        |
| Додаток А.....  | 85        |
| Додаток Б .....   | 89        |
| Додаток В.....  | 90        |
| Додаток Г .....   | 91        |
| Додаток Д.....  | 92        |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Задоволення потреб населення водними ресурсами, насамперед питною водою, є однією з найважливіших засад екологічної безпеки довкілля і, зокрема людини. Погіршення якості вод та скорочення водних ресурсів знижує якість навколишнього середовища, ефективність виробництва, створює проблему збереження біологічного різноманіття та викликає різні негативні соціальні наслідки.

Для задоволення потреб сучасних міст у воді потрібні величезні її кількості, які вимірюються в мільйонах кубічних метрів за добу, що вимагає ретельного вибору природних джерел, їх захисту від забруднення і належного очищення води на водопровідних спорудах. Отже, проблема, що розглядається, актуальна для регіонів всієї України і потребує вирішення.

**Мета та завдання кваліфікаційної роботи.** Мета роботи - підвищення екологічної ефективності побутових систем доочищення питної води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки.

Для вирішення поставленої мети сформульовані наступні **задачі кваліфікаційної роботи магістра:**

1. Проаналізувати проблемну ситуації стосовно забруднення питної води в системі комунального водопостачання. Виконати аналіз якості основних джерел питної води в регіоні та компонентного складу води на рівні споживання. Критично проаналізувати основні існуючі технології очищення води на водоканалах та в побутових умовах.

2. Обстежити побутові системи очищення води та проаналізувати способи нормалізації її якості на рівні споживання населенням. Оцінити екологічний стан систем водопостачання та обґрунтувати важливість застосування технології ультратонкої очистки на основі результатів випробувань портативного фільтру на його основі.

3. Розробити технічне рішення щодо впровадження побутової системи доочищення питної води із застосуванням портативних фільтрів ультратонкої очистки.

4. Проаналізувати небезпечні та шкідливі фактори життєдіяльності при застосуванні побутової системи доочищення питної води.

5. Виконати економічні розрахунки ефективності впровадження побутових систем доочищення питної води фільтром ультратонкої очистки.

#### **Апробація результатів кваліфікаційної роботи.**

Апробація роботи проводилась на секції 10 VII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. Результати розробки надруковано тези доповіді:

**Куриленко Л.О., Колесник В.Е. Доочищення питної води на основі застосування у побутових системах фільтрів ультратонкої очистки // молодь: наука та інновації: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 25 листопада - 27 листопада 2020 року). Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Т.10. 37-39 с.**

# 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНОЇ СИТУАЦІЇ СТОСОВНО ЗАБРУДНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В СИСТЕМІ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

## 1.1 Аналіз якості основних джерел питної води в регіоні

Основним джерелом водопостачання міста Кам'янське є Кам'янське водосховище на річці Дніпро. Басейн р. Дніпро Дніпропетровської області віднесено до неблагополучних щодо невідповідності якісному складу води. Найбільш складний стан водних ресурсів зафіксовано на ділянці Нижнього Дніпра (від Кам'янського до гирла): тут незворотно використовується 76 % води від загального водоспоживання та скидається 83 % усіх забруднених вод. До числа найнесприятливіших промислових територій Дніпропетровської області належить місто Кам'янське – один з найбільш потужних промислових центрів індустріального регіону України, з площею міської території 13,26 тис. га. і кількістю мешканців понад 280 тис..

Щорічно у водні об'єкти в басейні Дніпра надходить приблизно 8 км<sup>3</sup> стічних вод, що містять багато забруднюючих речовин. Тривале інтенсивне водокористування води Дніпра, розвиток багатьох галузей промисловості призвели до того, що спроможність до самоочищення природної системи басейну порушена. Це позначається на якості не тільки поверхневих, але і підземних вод.

У літній період різко погіршується якість води Кам'янського водосховища. Літня спека регулярно спричиняє значне зниження вмісту у воді розчиненого кисню та зростання вмісту амонію сольового і показника хімічного споживання кисню, що супроводжується різким зростанням життєдіяльності фітопланктону і цвітінням водосховища.

Для визначення якісного та кількісного складу питної води використовувались наступні методи: титрометричний, гравіметричний, органолептичний, фотоколориметричний та електрометричний. Оцінювання



якості води, що характеризує екологічну небезпеку систем водопостачання, проводились згідно з ДСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

Так, в табл.1.1 представлено результати виконаних нами обстежень і одержаних статистичних (арпiорних) даних, які характеризують якість води в Кам'янському водосховищі за період 2014-2018 роки.

Таблиця 1.1– Якість води в Кам'янському водосховищі, 2014-2018р.р.

(\*– перевищення ГДК)

| Показник якості води | Один. вимір.        | ГДК     | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
|----------------------|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Каламутність         | мг/л                | 1,5     | 2,3   | 4,2   | 13,8  | 11,0  | 11,9* |
| Кольоровість         | градус              | 20      | 87    | 93    | 100   | 154   | 150*  |
| Лужність             | мг/л                | 6,5     | 2,3   | 2,7   | 2,8   | 2,1   | 2,5   |
| Жорсткість           | мг/л                | 10      | 3,99  | 4,03  | 3,81  | 4,05  | 3,51  |
| Завислі речовини     | мг/л                | 16,9    | 18,2  | 23,7  | 27,8  | 31,2  | 25,4* |
| Нафтопродукти        | мг/л                | 0,3     | 0,09  | 0,07  | 0,06  | 0,06  | 0,09  |
| Сухий залишок        | мг/л                | 1000,0  | 248,5 | 251,0 | 265,5 | 250,4 | 356,0 |
| БСК <sub>п</sub>     | мгО <sub>2</sub> /л | 3,0     | 3,3   | 3,5   | 3,9   | 3,7   | 4,1*  |
| ХСК                  | мгО <sub>2</sub> /л | 15      | 22,9  | 21,2  | 20,8  | 26,1  | 27,3* |
| Розчинений кисень    | мг/л                | ≥4,0    | 6,97  | 8,24  | 6,23  | 8,13  | 8,9   |
| Азот амонійний       | мг/л                | 2,0     | 0,14  | 0,16  | 0,11  | 0,18  | 0,20  |
| рН                   |                     | 6,5-8,5 | 6,8   | 7,9   | 7,8   | 7,5   | 7,4   |
| Нітрати              | мг/л                | 45,0    | 0,15  | 0,09  | 0,2   | 0,2   | 0,17  |
| Нітроти              | мг/л                | 3,3     | 1,2   | 1,6   | 0,02  | 0,02  | 0,03  |
| Сульфати             | мг/л                | 500,0   | 24,2  | 29,2  | 34,1  | 29,1  | 27,4  |
| Хлориди              | мг/л                | 350     | 31,1  | 29,8  | 25,2  | 31,3  | 31,0  |
| Залізо               | мг/л                | 0,3     | 0,05  | 0,07  | 0,05  | 0,14  | 0,05  |

Як видно з таблиці 1.1, якість води в Кам'янському водосховищі не відповідає нормативним вимогам за наступними показниками: ХСК, БСК<sub>п</sub>, завислі речовини, каламутність та кольоровість. Каламутність, яка тісно пов'язана з кольоровістю води, свідчить про її забруднення органічними речовинами, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини або утворювати шкідливі речовини під час реагентного оброблення води.

Все це впливає на режим роботи станції водопідготовки та на склад питної води, що подається населенню. Результати аналізу якості води за даними, отриманими з проб водопровідної мережі зведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Результати дослідження якості води з водопровідної мережі  
(\*– перевищення ГДК)

| Показник якості води    | Одиниця вимірювання | Норми ДСанПіН  | Отримане значення |
|-------------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| Запах                   | бали                | 2              | 2                 |
| Присмак                 | бали                | 2              | 2                 |
| Каламутність            | мг/л                | 0,5(1,5)       | 13,8*             |
| Кольоровість            | град                | 20(35)         | 65*               |
| Залишковий вільний хлор | мг/л                | 0,3-0,5        | 1,0*              |
| Сухий залишок           | мг/л                | 100-1000(1500) | 255,4             |
| Окислюваність           | мг/л                | 4              | 5,8*              |
| pH                      |                     | 6,5-8,5        | 7,02              |
| Лужність загальна       | мг-екв/л            | 0,5-6,5        | 2,12              |
| Жорсткість              | мг-екв/л            | 7,0(10)        | 4,22              |
| Магній                  | мг/л                | 10,0-80,0      | 12,0              |
| Фтор                    | мг/л                | 0,7-1,5        | 0,16              |
| Залізо загальне         | мг/л                | 0,3            | <0,05             |
| Нітрати                 | мг/л                | 45             | <2,25             |
| Сульфати                | мг/л                | 250(500)       | 25,0              |
| Хлориди                 | мг/л                | 250(350)       | 25,1              |
| Мідь                    | мг/л                | 1,0            | <0,1              |
| Свинець                 | мг/л                | 0,01           | <0,01             |
| Коліфаги                | БУО/л               | відсутність    | не виявлені       |

З таблиці 1.2 видно, що вода з централізованого водопроводу в період цвітіння води в Кам'янському водосховищі не відповідає нормативним вимогам за наступними показниками: кольоровість, каламутність, залишковий вільний хлор, окиснюваність. У зв'язку з цим виникла потреба в альтернативному джерелі питної води.

Альтернативним (річковий) джерелом питної води виступає «Свердловин», яка розташована по вулиці Леніна в м. Кам'янське, що була розроблена саме як альтернативне джерело для резервного водопостачання для

населення. Глибина свердловини становить 118 м. Очистка води проводиться фільтрами грубої та тонкої очистки.

Контроль за якістю води зі свердловини проводять Дніпропетровська обласна та Кам'янська міська санітарно-епідеміологічні станції. За даними досліджень, якість води відповідає нормативним вимогам, але не задовольняє населення через неприємний присмак. Результати дослідження води зведені в табл.1.3.

Таблиця 1.3 – Результати визначення складу води зі свердловини  
(\*– перевищення ГДК)

| Показник якості води | Одиниця вимірювання | Норми ДСанПіН | Отримане значення |
|----------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| Запах                | бали                | ≤ 2           | 1                 |
| Каламутність         | мг/л                | 0,5 (1,5)     | 0,4               |
| Кольоровість         | град                | 20 (35)       | 19                |
| Присмак              | бали                | 2             | 3*                |
| рН                   |                     | 6,5-8,5       | 7,9               |
| Сухий залишок        | мг/л                | 1000 (1500)   | 450,0             |
| Жорсткість загальна  | мг-екв/л            | 7 (10)        | 7,86              |
| Сульфати             | мг/л                | 250 (500)     | 27,3              |
| Хлориди              | мг/л                | 250 (350)     | 31,1              |
| Нітрати              | мг/л                | 45,0          | 2,21              |
| Залізо               | мг/л                | 0,3           | 0,22              |
| Лужність             | мг-екв/л            | 0,5 - 6,5     | 4,1               |
| Мідь                 | мг/л                | 1,0           | 0,03              |
| Свинець              | мг/л                | 0,01          | н/в               |

Якщо порівняти якість води зі свердловини та з централізованого водопроводу, то постає чітка картина реальності: остання не відповідає нормативам, отже централізоване водопостачання потребує термінової реконструкції.

Основна проблема – недосконалі система та технологія очистки води до якості питної, особливо в період цвітіння річки Дніпро. Водозабір здійснюється близько біля берега, тобто глибина забору – 3,5м. Тому необхідно шукати

раціональні шляхи вирішення цього питання. Деякі з таких шляхів запропоновано в підрозділі 1.3

Таким чином, аналіз стану системи централізованого постачання питної води населенню м. Кам'янське та її складу, складу води в р. Дніпро та зі свердловини виявлено ряд показників, за якими питна вода не відповідає нормам: кольоровість, каламутність, запах, присмак, органічні речовини, нафтопродукти, нітрити.

## **1.2 Загальна оцінка компонентного складу води на рівні споживання**

В якості об'єкта аналізу та подальшого оцінювання розглянемо промисловий комплекс Кам'янського, що нараховує близько 60 об'єктів різного профілю. Висока концентрація на обмеженій території підприємств важкої та хімічної промисловості, теплоенергетичних комплексів, які містять фізично зношені і морально застарілі цехи і виробництва, відсутність ефективно функціонуючого водоочисного обладнання, значне автотранспортне навантаження на природне середовище обумовлюють високий ступінь деградації компонентів довкілля. На території міста зосереджені мільйони тон промислових відходів, які розташовані в накопичувачах, відвалах підприємств і на міському звалищі. Вагомим чинником існуючої кризової екологічної ситуацію в межах міста є стічні води побутового та виробничого походження. Істотним забруднювачем водойми також є поверхневий і зливовий стік з території міста. Довжина Дніпра вздовж території Кам'янського складає близько 15 км, більшість прибережних ділянок на правому березі займає промислова зона – місце скидів стічних вод різних підприємств.

В ході обстежень та аналітичних досліджень були проаналізовані статистичні публічні дані державного обліку водокористування по Дніпропетровській області та зокрема м. Кам'янське за 2018 рік. Затверджена форма передбачає відомості про водокористувачів, кількість і якість вод, а

також дані про види водоспоживання, на підставі яких здійснюється розподіл води між об'єктами та розробляються заходи щодо раціонального використання вод. Оцінка якості води вододжерела проведена за допомогою відбору проб води р. Дніпро по чотирьом створам, як поверхневим, так і глибинним (загалом 16 проб). Місцями відбору проб слугували: створи селищ Аули, Романково, Карнаухівка, Таромське. На базі Кам'янської СЕС було проведено хімічний аналіз води поверхневого вододжерела для визначення: рН, БПК-5, ХПК, азоту амонійного, нітритів, нітратів, нафтопродуктів, сульфатів, хлоридів, фенолів, сухого залишку, зважених речовин. Вибір цих показників обумовлено тим, що вони відносяться до списку основних показників забруднення водного об'єкту і є «індикаторами впливу» забруднених стічних вод на стан водойми. Для визначення показників якості води використані фотометричний, титрометричний та гравіметричний методи. Гігієнічна оцінка проведена у відповідності до «СанПіН 4630-88».

Аналіз обсягів водовідведення по м. Кам'янське свідчить, що загальна кількість стічних вод за 2018 рік склала понад 115 млн.м<sup>3</sup>, з них близько 15 % скидались без очищення. Основними забруднювачами води ріки Дніпро є ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат», ПАТ «Кам'янська ТЕЦ», лівобережні очисні споруди КВП ДМР «Міськводоканал», КП «Екоантилід», ПАТ «Дніпроазот», ПАТ «Дніпровагонмаш», ПАТ «Баглійкокс», ТОВ «Кам'янське житлове комунальне підприємство» (рис. 1). Інші підприємства із відносно невеликим обсягом водоспоживання чи високим рівнем оборотного водопостачання скидають стоки в міську каналізаційну мережу міста і разом з господарсько-побутовими стоками потрапляють на очисні споруди міста.

Забруднювачі, що визначались у всіх пробах води, здебільш в межах встановлених нормативних значень. Гігієнічна оцінка концентрацій хімічних показників у воді, що була відібрана біля с. Аули та с. Романкове, свідчать про відносно якісний стан водойми у межах селітебної зони територій спостереження, де вміст речовин відповідав СанПіН 4630-88. Однак, у воді вододжерела поблизу с. Карнаухівка і с. Таромське концентрації фосфатів

перевищували відповідні гранично допустимі значення (ГДК) на 21 % ( $0,17 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> при ГДК – 0,14 мг/дм<sup>3</sup>). Даний факт може свідчити про забруднення переважно побутового характеру тому, що ці речовини входять до складу побутових миючих засобів і потрапляють у водоймище при скиді господарсько-побутових стічних вод.

Також, в пробах, відібраних навколо селища Карнаухівка, вміст нафтопродуктів становив за середніми величинами –  $0,27$  мг/дм<sup>3</sup>  $\pm$  0,004, що дещо перевищує норматив ( $0,23$  мг/дм<sup>3</sup>). В межах цього населеного пункту, встановлено достовірно вище перевищення концентрації нафтопродуктів, у поверхневих пробах ( $p < 0,05$ ), що, на наш погляд, пов'язано із затриманням нафтової плівки на поверхні води. На підставі цього висновку було зроблено припущення, що суттєве забруднення поверхневого шару води нафтопродуктами має не тільки промисловий характер, а спричинено вмістом значної кількості цих речовин у поверхневих стоках з прилеглої території, що забруднюється викидами автотранспорту.



**Рисунок 1.1 - Питома вага об'ємів стічних вод від підприємств м. Кам'янського**

Слід зазначити, що майже за усіма дослідженими показниками в пробах води спостерігається наближення до гранично допустимих значень (80-98%

ГДК), що свідчить про помірне забруднення даного водоймища. Наявність суттєвого вмісту нафтопродуктів і заліза у водоймі пов'язано з промисловим забрудненням ріки, на що вказує зростання вмісту заліза в межах промислової зони і свідчить про несанкціонований скид промисловими підприємствами забруднених стічних вод.

Зауважимо, що р. Дніпро є основним джерелом господарсько-питного водопостачання для лівобережної та правобережної частин м. Кам'янського, що зрегульовані водосховищем. Резервне джерело водопостачання міста відсутнє. Тому погіршення стану водного басейну створює проблему порушення природних процесів самоочищення, значно ускладнює процеси очистки води на водопровідних станціях, що в свою чергу негативно впливає на якість питної води. Водопровідні очисні споруди втратили бар'єрну функцію щодо значної кількості забруднюючих неорганічних і органічних речовин, і це загрожує здоров'ю населення. Для вирішення проблем гідроекологічної нестабільності техногенно-забрудненого регіону слід вважати за необхідне удосконалення програм поліпшення стану водного об'єкту. Такі проекти існують, проте їх слід визнати малоефективними.

Аналіз результатів обстежень показав, що зосередження потужних джерел техногенного забруднення в акваторії м. Кам'янське негативно впливає на стан ріки Дніпро та характеризується перевищенням гранично допустимих концентрацій нафтопродуктів та фосфатів. На підставі даних моніторингу забруднювачів, встановлено, що на час спостережень якість води вододжерела по всьому плині відповідає вимогам II-III класу якості поверхневих вод і характеризується як помірно забруднена. Накопичення забруднюючих речовин призводить до погіршення якості води за гідрохімічними, гідрофізичними та санітарно-гігієнічними показниками і, як наслідок, змін гідробіологічних характеристик, що приводить до деградації екосистеми Дніпра. Спроможність водойми до самоочищення не забезпечує порушеної рівноваги, що призводить до масштабного зарегулювання ріки з руйнуванням біологічних зв'язків. Зважаючи на те, що басейн р. Дніпро є джерелом водопостачання понад 70 %

населення країни, виникає необхідність проведення в подальшому більш детальних еколо-гогієнічних досліджень з метою оцінки якості води, особливо в індустріально розвинутому регіону. Це дозволить, зокрема, об'єктивно оцінити ситуацію та запропонувати комплекс заходів з покращення екологічного стану водного басейну Дніпропетровської області для збереження та відновлення його природного потенціалу.

## **1.2 Критичний аналіз основних існуючих технологій очищення води на водоканалах та в побутових умовах**

**Організаційно-технічні заходи.** Для вдосконалення та реконструкції системи централізованого водопостачання м. Кам'янське, на основі поданого вище матеріалу рекомендовано:

- на водозаборі провести капітальний ремонт і реконструкцію (з моменту відкриття водозабору він жодного разу не зупинявся на реконструкцію);
- розглянути можливість переносу самого водозабірної пристрою як можна далі від берега, щоб була можливість забору води з середньої водної товщі (оскільки зараз водозабірний пристрій знаходиться близько до берега, глибина забору води дуже мала, а отже, при заборі води в водопровід надходить дуже багато мулу та донного осаду, мікроорганізмів та синьо-зелених водоростей, що дуже ускладнює й без того важкий стан споруд з очистки води);
- для покращення якості питної води знайти можливість заміни застарілого обладнання на сучасне (реконструкція водоочисної станції);
- замінити технологію обробки води (перед первинним хлоруванням використовувати мікрофільтри). Мікрофільтри використовуються для затримання планктону, який знаходиться у воді поверхневих джерел, особливо в період цвітіння водосховищ; ступінь очистки: від завислих речовин – 30-40%, фітопланктону – 75-90%, зоопланктону – 100%. На



станціях прояснення води міських водопроводів мікрофільтри встановлюються перед змішувачами. Вода насосами першого підйому подається в приймальну камеру, а з камери – на мікрофільтри.

Суттєвим недоліком системи водопостачання м. Кам'янське є пориви трубопроводів. Враховуючи, що зменшення поривів знизить витрати на очистку та транспортування води, слід розробити програму боротьби з витокami. Міській владі необхідно провести заміну металевого трубопроводу на пластиковий, що значно зменшить кількість мікроорганізмів безпосередньо в трубах, а також кількість поривів на магістралях, які призводять до вторинного забруднення питної води.

Крім того, у житлових будинках також необхідно провести заміну водопровідних труб. Міським комунальним підприємствам необхідно активно зайнятися заміною металевих трубопроводів на поліетиленові.

Витрати на реконструкцію системи водозабезпечення настільки значні, що забезпечити їх реалізацію для міста в найближчому майбутньому нереально.

Виходячи із сказаного вище, необхідно розробити ряд заходів, які б сприяли покращенню здоров'я населення міста через вживання чистої питної води.

Фінансове забезпечення цих заходів повинно здійснюватись за рахунок:

- державних коштів;
- коштів місцевого бюджету та їх кооперування;
- коштів для фінансування комплексних програм соціально-економічного розвитку територій;
- спонсорської допомоги підприємств, міжнародних екологічних фондів розвитку екологічних проектів;
- участі приватного капіталу;
- інших джерел фінансування.

Реальне виконання заходів залежить від терміну перебудови економіки природокористування, фінансових можливостей підприємств і організацій, державної підтримки заходів, впровадження менеджменту екологічної безпеки

питного водопостачання і водогосподарчого аудиту на державному, а потім на регіональному рівнях.

Для усунення виявлених в процесі досліджень недоліків системи постачання води населенню та для покращення якості питної води розроблено рекомендації та заходи із вдосконалення технології водо підготовки, реконструкції станції забору та очищення води, заміни каналізаційних мереж у місті та житлових будинках.

Але всі ці заходи потребують значних грошових вкладень та розуміння наслідків нераціонального використання природних ресурсів.

**Альтернативні методи очищення води.** На сьогодні в усьому світі перспективним напрямом покращення якості питної води вважається її доочищення безпосередньо в місцях споживання за допомогою водоочисних систем побутового або колективного призначення. Пропонуються як прості водоочисні фільтри зі змінними картриджами, так і більш складні установки з кількома водоочисними модулями, в яких використані різні методи очистки. Часто для доочищення води достатньо використання одного методу, але іноді бажаний результат досягається поетапним застосуванням декількох методів та їх послідовністю .

В Україні представлено широкий асортимент як зарубіжних, так і вітчизняних побутових водоочисних систем. Проте їх вибір та використання у побуті найчастіше проводиться без урахування вихідного складу питної води та показників, що потребують поліпшення, не завжди витримуються експлуатаційні вимоги щодо роботи водоочищувачів. Не сприяє правильному вибору та використанню водоочищувачів відсутність належної інформації із досвіду їх застосування в різних регіонах з урахуванням притаманної для них якості питної води. Це потребує розробки науково обґрунтованих гігієнічних рекомендацій, що запобігли би можливості допущення помилок як при виборі, так і експлуатації водоочищувачів для доочищення питної води.

За принципом роботи побутові водоочищувачі можна розподілити на 4 основні групи:

- установки, що мають тільки механічний фільтруючий елемент;
- установки сорбційного типу (в якості сорбенту використовують активоване вугілля, активоване вугілля в комбінації з іонообмінними смолами, природні сорбенти – цеоліти та шунгіти);
- установки мембранного та мембранносорбційного типу;
- установки електрохімічного типу.

Загальною особливістю побутових водоочищувачів усіх цих груп є мала продуктивність (від 10 до 3600 л/добу), низька швидкість фільтрації (від 0,2 до 2,5 л/хв), використання змінних елементів (картриджів, мембран тощо). Методи очистки, що застосовуються у побутових водоочищувачах різних виробників, є типовими і відрізняються лише марками сорбційних та іонообмінних матеріалів, активованого вугілля, мембран тощо.

Гігієнічна оцінка побутових водоочищувачів проводилася за схемою, яка включала аналіз вихідних даних від виробника щодо продуктивності та конструктивних елементів водоочищувачів, методів очистки, що в них використовуються, встановлених робочих ресурсів водоочистки, ефективності очищення води стосовно окремих показників тощо.

Наступним етапом в схемі оцінки побутових водоочищувачів були власні дослідження, що передбачали встановлення фактичної їх ефективності в межах робочого ресурсу стосовно заявлених виробником показників. Усі дослідження проводилися на водопровідній воді з дотриманням умов експлуатації водоочищувачів, встановлених їх розробниками. Вихідна вода за основними показниками якості мала такі характеристики: запах та присмак 0-2 бали, каламутність  $1,14 \pm 0,91$  мг/дм<sup>3</sup>, сухий залишок  $309,13 \pm 27,30$  мг/дм<sup>3</sup>, хлориди  $16,4 \pm 2,21$  мг/дм<sup>3</sup>, сульфати  $35,14 \pm 12,63$  мг/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість  $5,42 \pm 0,76$  мг-екв/дм<sup>3</sup>, залізо  $0,25 \pm 0,13$  мг/дм<sup>3</sup>, мідь  $0,007 \pm 0,007$  мг/дм<sup>3</sup>, цинк  $0,16 \pm 0,11$  мг/дм<sup>3</sup>, нітрати  $3,98 \pm 2,73$  мг/дм<sup>3</sup>, преманганатна окиснюваність (ПО)  $5,03 \pm 0,53$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, хлороформ  $23 \pm 12,2$  мкг/дм<sup>3</sup>.

Оцінку якості очищення води проводили в межах робочого ресурсу водоочищувачів (при його відпрацюванні на 20-100%) за показниками,

стосовно яких в технічному документі від виробника вказана ефективність очистки. Окремі дослідження проводились на модельному водному розчині, в якому штучно створювалися різні концентрації тих хімічних речовин, по відношенню до яких водоочищувачі є найбільш ефективними згідно технічної документації. Ефективність водоочищувачів в межах робочого ресурсу вважалася достатньою, якщо ступінь очистки по відношенню до хімічних речовин становила не менше 50%.

Дослідження якості води до та після доочищення проводились з використанням загальноприйнятих атестованих методів аналізу.

Значну частину з представлених в країні побутових водоочищувачів складають ємнісні фільтри (безнапірні фільтри типу глечиків) та проточні фільтри з підключенням до водомережі (фільтри-насадки на кран та фільтри з окремим краном для доочищеної води). Найчастіше в побутових фільтрах використовується механічна фільтрація, сорбційні та іонообмінні методи.

В якості матеріалу у фільтрах механічної фільтрації вживається, зазвичай, поліпропіленове волокно у вигляді блоку- картриджа, який підлягає заміні після закінчення його ресурсу. Механічний фільтр здатний затримувати у воді зважені речовини та великі молекули органічних речовин [5].

Сорбційним матеріалом для завантаження водоочисних фільтрів найчастіше служить активоване вугілля самостійно або досить часто у поєднанні з волокнистим (поліпропіленовим) механічним фільтром. Фільтрування через активоване вугілля відносять до числа еталонних методів очищення та використовують для дезодорації (усунення присмаків та запаху), видалення органічних речовин, солей важких металів, дехлорування. Активоване вугілля є продуктом термічної, а потім і хімічної обробки шкаралупи кокосового горіха, кісточок абрикоса або черешні, деревини берези тощо. У фільтрах використовується гранульоване вугілля як сипучий матеріал або воно формується у вигляді змінних елементів – вугільних картриджів. Для пригнічення мікробної активності останнім часом використовують активоване

вугілля оброблене сріблом, що сприяє практично повному звільненню питної води від мікробного забруднення.

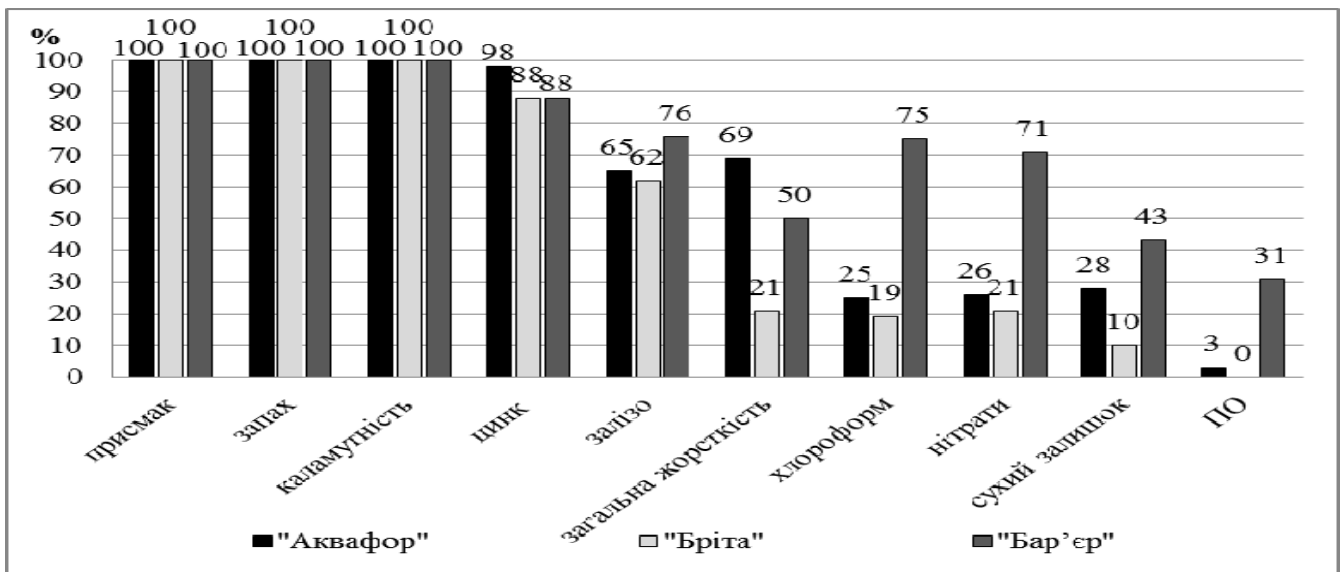
Окрім активованого вугілля, у фільтрах можуть використовуватися і інші сорбційні матеріали (мінеральні, органічні, природні та штучні), що відрізняються селективністю дії та сорбційною ємністю, фізико-механічними, хімічними та іншими властивостями. Щодо сорбційних фільтрів, то слід враховувати те, що при швидкому протіканні води крізь шар сорбенту розчинені у воді органічні речовини не встигають поглинатись його поверхнею, при тривалій експлуатації, зокрема, вугільних фільтрів, їх затримуюча ефективність суттєво знижується .

Другим за частотою використання фільтруючим завантаженням у побутових фільтрах є іонообмінні смоли, які використовують для пом'якшення води завдяки своїй властивості обмінювати власні іони на іони розчину. Іонні смоли (іоніти) можуть бути природного чи штучного (мінерального чи органічного) походження, практично не розчинні у воді та органічних розчинниках. Більшість іонітів – високомолекулярні сполуки сітчастої чи просторової структури. Для пом'якшення воду фільтрують через шар природних (глауконітовий пісок, цеоліти, перліти, керамзити, сілікати тощо) чи штучних катіонітів (здатні обмінювати катіони). Так, натрієві катіоніти використовуються для видалення з води солей кальцію і магнію, хлоридні аніоніти – для видалення надлишку сульфатів. Проблему нітратів можна вирішити за допомогою використання спеціального лужного аніоніта в хлоридній формі, а карбонатної жорсткості – за допомогою слабокислого карбоксильного іоніта, особливо у поєднанні з активованим вугіллям. При цьому іони кальцію і магнію води обмінюються на водневі іони чи іони натрію катіоніта. Недоліками іонообмінних фільтрів є необхідність регенерації іонітів, відносно велика витрата дорогих реагентів [9-12].

Нами було проведено вивчення деяких ємнісних та проточних побутових фільтрів на основі сорбційних (активоване вугілля), іонообмінних методів або їх комбінацій, що пропонуються для доочищення водопровідної води.

В ємнісних фільтрах у якості завантаження картриджу найчастіше використовується поєднання активованого вугілля з іонообмінними смолами. У частині фільтрів активоване вугілля оброблене сріблом для пригнічення мікрофлори. Ресурс роботи ємнісних фільтрів досить невеликий та складає 170-300 л, після чого потрібна заміна картриджу.

За даними виробників (табл. 1.4), ємнісні фільтри звільняють воду від стороннього запаху та присмаку, зважених речовин, знижують вміст важких металів, хлору, солей загальної жорсткості, заліза, нітратів, органічних та хлорорганічних сполук. Ефективність доочищення водопровідної питної води вивчалась нами на побутових ємнісних фільтрах «Аквафор», «Бріта» та «Бар'єр», фільтруючі елементи яких представлені активованим вугіллям та іонообмінною смолою (рис.. 1.2).



**Рисунок 1.2 - Ефективність доочищення питної води на ємнісних фільтрах (усереднені дані)**

Таблиця 1.4 - Селективна дія фільтрів на основі сорбційних та іонообмінних методів щодо показників якості питної води (за даними виробників)

| Найменування водоочищувача, виробник | Фільтруючий елемент (картридж)   | Показник, що поліпшується |       |              |               |              |                     |        |         |    |           |
|--------------------------------------|--|---------------------------|-------|--------------|---------------|--------------|---------------------|--------|---------|----|-----------|
|                                      |  | Присмак                   | Запах | Каламутність | Активний хлор | Важкі метали | Загальна жорсткість | Залізо | Нітраги | ПО | Хлороформ |
| <b>Ємнісні фільтри</b>               |  |                           |       |              |               |              |                     |        |         |    |           |
| «Аквафор», Росія                     | Активоване вугілля*, іонообмінний волокнистий сорбент                            | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   |        |         | +  | +         |
| «Бріта», Німеччина                   | Механічний фільтр, іонообмінна смола, активоване вугілля                         | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   |        |         | +  |           |
| «АННА», Польща                       | Активоване вугілля*, іонообмінна смола   | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   |        | +       | +  | +         |
| «Бриз», Україна                      | Активоване вугілля*, іонообмінна смола   | +                         | +     | +            | +             |              |                     |        |         | +  |           |
| «Бар'єр», Росія                      | Активоване вугілля*, іонообмінна смола   | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   | +      |         | +  | +         |
| <b>Проточні фільтри</b>              |  |                           |       |              |               |              |                     |        |         |    |           |
| «Аквафор», Росія                     | Механічний фільтр, іонообмінна смола   |                           |       | +            | +             | +            | +                   | +      | +       | +  |           |
| «Бар'єр», Росія                      | Механічний фільтр, активоване вугілля*, іонообмінна смола                        | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   | +      |         | +  | +         |
| «Бриз Євро», Україна                 | Механічний фільтр, активоване вугілля*   | +                         | +     | +            | +             | +            |                     |        |         | +  | +         |
| «Арго», Росія                        | Механічний фільтр, природний мінерал (цеоліт), активоване вугілля*, магніт       | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   | +      |         | +  |           |
| «Віта-Євро», Україна                 | Механічний фільтр, активоване вугілля*, пом'якшуючий сорбент, активоване вугілля | +                         | +     |              | +             | +            |                     |        |         | +  |           |

Примітка: \* – активоване вугілля оброблене мікрокристалічним сріблом.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що в результаті доочищення відбувається зниження у воді рівнів усіх показників, що досліджувались. Натомість зниження у воді величин цих показників відбувається з різною ефективністю. Найкращі результати з однаковою ефективністю (100%) на усіх водоочищувачах досягаються за органолептичними показниками (запах, присмак, каламутність). Ступінь видалення з води на фільтрах заліза знаходиться в межах 62-76%, солей жорсткості – 50-69% (фільтри «Аквафор» та «Бар'єр»). Відмічається селективність дії фільтрів до солей важких металів, зокрема до цинку, вміст якого у воді знижується на 88- 98%. Ефективність водоочищувачів щодо інших показників якості води, що досліджувались, була в основному нижче 50%. За результатами досліджень, найбільш ефективним виявився «Бар'єр».

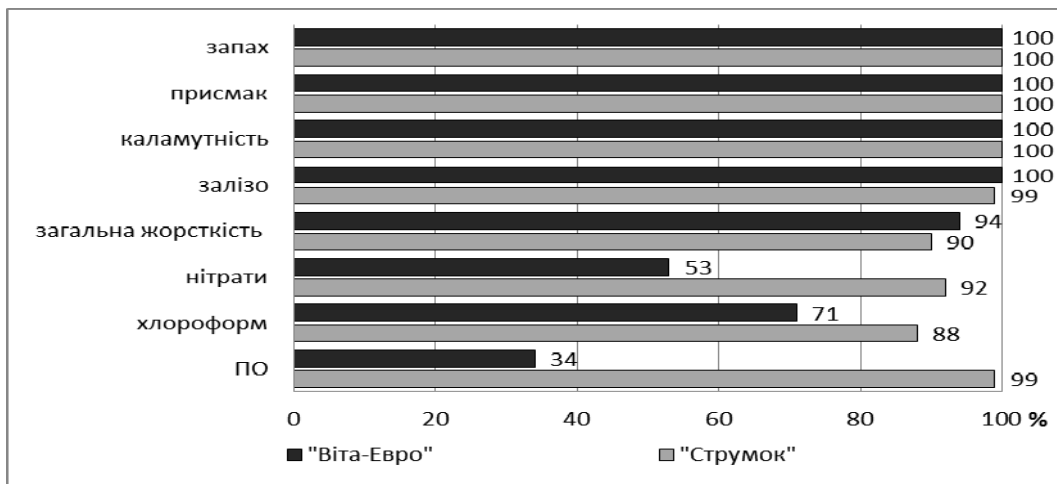
Таким чином, побутові ємнісні фільтри на основі сорбційноіонообмінних методів (активоване вугілля + іонообмінна смола) в межах встановленого робочого ресурсу забезпечують покращення якості водопровідної води. Нашими дослідженнями підтверджуються дані виробників водоочищувачів щодо пріоритетних показників, які можуть змінюватися у питній воді в процесі її доочистки. Але наші результати щодо ефективності водоочищувачів не завжди збігаються з даними виробників. На нашу думку, це може бути пов'язано і з різною якістю вихідної води, яка підлягала доочищенню, і з різною щільністю та об'ємом засипки фільтруючих матеріалів, а також і з не однаковими умовами експлуатації фільтрів тощо.

Проточні побутові фільтри (табл. 1.4) найчастіше мають в своєму складі іонообмінний елемент (природний матеріал або штучні іонообмінні смоли) та/або активоване вугілля у поєднанні з механічним фільтром. Деякі фільтри мають додаткові елементи: магніт в складі фільтра «Арго» або природний мінерал «Кременева сила» у фільтрі «Струмок». Ресурс роботи проточних фільтрів більший, ніж ємнісних, та складає для фільтрів-насадок на кран 750-4000 л (швидкість фільтрації – 0,3-1,2 л/хв) та 7000-8000 л для фільтрів з накопичувальною ємністю (швидкість фільтрації – 2-2,5 л/хв.). Проточні



фільтри з використанням сорбційно- іонообмінних методів пропонуються виробниками, передусім, для пом'якшення питної води. Вони також здатні видаляти з води сторонні домішки, запахи, хлор, органічні та хлорорганічні сполуки, солі важких металів, залізо, нітрати.

Нами було досліджено два побутових проточних фільтра: «ВітаЕвро» та «Струмок». Фільтр «ВітаЕвро» складається з механічного фільтру, шару пом'якшуючого сорбенту та подвійного шару активованого вугілля, обробленого сріблом. Фільтр «Струмок» має ще більш складну будову та включає механічний фільтр, шар активованого вугілля та шар іонообмінної смоли, а також додатковий природний мінерал «Кременева сила».



**Рисунок 1.3 - Ефективність доочищення питної води на проточних фільтрах (усереднені дані)**

Як свідчать наведені на рисунку 1.3 дані, в результаті доочищення у водопровідній воді повністю зникає запах, присмак та каламутність, загальна жорсткість знижується на 90-94%, вміст заліза – практично на 100%, нітратів – на 53-92%. Ефективність доочищення води від загальних органічних речовин (ПО) становила 34-99%, хлорорганічних сполук (хлороформу) – 71-88%.

Результати наших досліджень збігаються з даними виробників і щодо показників, що можуть змінюватися в процесі доочищення води в проточних сорбційно-іонообмінних фільтрах, і щодо ефектів зниження їх рівнів у воді. При цьому обидва водоочищувача за ефективністю практично не відрізняються

між собою. Наші дані також засвідчили, що незалежно від типу фільтрів (ємнісні, проточні) в разі використання в них однакових фільтруючих елементів ефекти доочищення питної води за більшістю показників практично співпадають.

Відомо, що, за даними національного моніторингу, водопровідна питна вода найчастіше може мати відхилення від нормативів за органолептичними показниками, вмістом солей жорсткості, заліза, органічних речовин. Тому використання у побуті сорбційно-іонообмінних водоочищувачів, які здатні нормалізувати ці показники у воді, слід розглядати як ефективний захід поліпшення якості питної води безпосередньо у водоспоживача.

Окрім побутових фільтрів на основі сорбційно-іонообмінних методів, останнім часом набувають широкого поширення в нашій країні і водоочисні установки з використанням мембран зворотнього осмосу (таблиця 1.5).

Метод зворотнього осмосу отримав найбільше розповсюдження серед мембранних методів. Він застосовується для демінералізації води та здатен затримувати практично всі іони на 92-99%, а при двоступеневій системі і до 99,9%. В установках зворотного осмосу використовуються ацетатцелюлозні, поліамідні, композитні тонкоплівочні мембрани [13-18]. Оскільки мембрани чутливі до забруднення в результаті відкладень малорозчинних солей і мікрочастинок на їх поверхні, тому для запобігання цьому практично в усіх водоочисних установках перед зворотньоосмотичною мембраною обов'язково встановлюють предфільтр, найчастіше це поєднання механічного та вугільного фільтрів (рисунок 1.4).

Зустрічаються і прості моделі фільтрів, які складаються лише з мембранного елементу – трекової мембрани («Кримська росинка», «Капель»). Проте більша частина водоочищувачів обов'язково має фільтр перед зворотньоосмотичною мембраною. В якості предфільтру виступають механічний фільтр («УВПМ-0,3»), фільтр з активованим вугіллям («Confidence RO 300») або найчастіше поєднання цих двох фільтрів («АТОЛЛ», «Бар'єр»),

«Аквафор», «Бриз Гарант», «Picogram», «AQUEL»). Крім того, окремі водоочищувачі, зокрема такі як

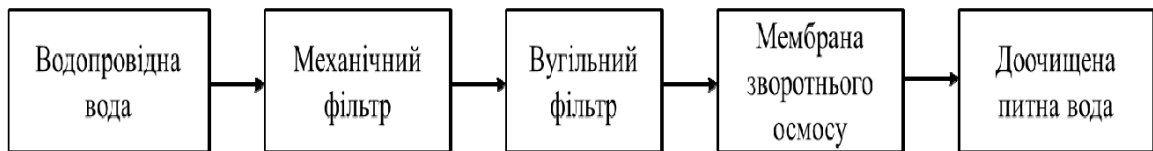
«AQUEL», у своєму складі мають додатково патрон для мінералізації доочищеної питної води, який розташований після мембрани зворотнього осмосу, та ультрафіолетову лампу для знезараження води.

Таблиця 1.5 - Селективна дія комбінованих фільтрів на основі мембранних методів щодо показників якості питної води (за даними виробників)

| Найменування водоочищувача, виробник | Фільтруючий елемент   | Показник, що поліпшується |       |              |               |              |                     |         |          |        |         |    |           |
|--------------------------------------|---|---------------------------|-------|--------------|---------------|--------------|---------------------|---------|----------|--------|---------|----|-----------|
|                                      |   | Присмак                   | Запах | Каламутність | Активний хлор | Важкі метали | Загальна жорсткість | Хлориди | Сульфати | Залізо | Нітрати | ПО | Хлороформ |
| «Кримська росинка», Україна          | Трекова мембрана  |                           |       | +            |               | +            |                     |         |          | +      |         | +  |           |
| «Капель», Україна                    | Трекова мембрана  |                           |       | +            |               | +            | +                   |         |          | +      | +       |    |           |
| «УВПМ-0,3», Україна                  | Механічний фільтр, зворотньоосмотична мембрана  | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   | +       | +        | +      | +       |    | +         |
| «Confidence RO 300», Швеція          | Активоване вугілля, зворотньоосмотична мембрана   | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   | +       | +        | +      | +       | +  | +         |
| «АТОЛЛ», Росія                       | Механічний фільтр, активоване вугілля, зворотньоосмотична мембрана, активоване вугілля  | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   | +       | +        | +      | +       | +  | +         |
| «Бар'єр», Росія                      | Механічний фільтр, активоване вугілля, зворотньоосмотична мембрана, активоване вугілля* | +                         | +     | +            | +             | +            | +                   |         |          |        |         | +  | +         |
| «Аквафор», Росія                     | Механічний фільтр, активоване вугілля, зворотньоосмотична мембрана, активоване вугілля* |                           |       |              | +             | +            |                     | +       | +        | +      | +       | +  |           |

|                               |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| «Бриз Гарант»,<br>Україна     | Механічний фільтр,<br>активоване вугілля,<br>зворотньоосмотична<br>мембрана, активоване<br>вугілля*        | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| «Pisogram», Корея             | Механічний фільтр,<br>активоване вугілля,<br>зворотньоосмотична<br>мембрана, активоване<br>вугілля         | + | + | + | + |   |   |   |   |   | + |   |   |
| «AQUEL»,<br>Чеська Республіка | Механічний фільтр,<br>комбінований фільтр,<br>зворотньоосмотична<br>мембрана, мінераліза-<br>тор, УФ-лампа |   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |   | + |

Примітка: \* – активоване вугілля оброблене мікрокристалічним сріблом.



**Рисунок 1.4 - Типова схема водоочисної установки на основі зворотнього осмосу**

Практично водоочисні фільтри на основі мембранних методів – це комбіновані фільтри, оскільки, окрім зворотньоосмотичної мембрани, мають в своєму складі, зазвичай, і механічний фільтр, і сорбційний елемент (активоване вугілля). Об'єднання у таких фільтрах різних методів очистки, з урахуванням селективної дії кожного з них щодо конкретних показників якості питної води, робить можливим забезпечити глибоке доочищення води практично від усіх мінеральних, органічних речовин та мікроорганізмів.

За даними виробників, що наведені у таблиці 1.5, використання у побуті для доочищення водопровідної води фільтрів з мембранними фільтруючими елементами дозволить покращити органолептичні показники, звільнити воду від хлору та продуктів хлорування, важких металів, зменшити вміст суми солей та солей загальної жорсткості, заліза, марганцю, нітратів, хлоридів, сульфатів, а також мікроорганізмів.

Нами було проведено дослідження двох зарубіжних фільтрів на основі мембранних методів: «Confidence RO 300» та «АТОЛЛ». Фільтр «Confidence RO 300» складається з вугільного предфільтру та власне зворотньоосмотичної мембрани. Фільтр «АТОЛЛ» має більш складну будову: механічний фільтр, фільтр з активованим вугіллям, зворотньоосмотична мембрана та вугільний постфільтр.

Як свідчать результати досліджень, фільтри з використанням мембран зворотнього осмосу практично повністю звільняють воду від сторонніх домішок (на 99%), зменшують у воді вміст суми солей (на 98-100%), солей загальної жорсткості (на 95-97%), заліза (на 90-99%). Окрім того, вода звільняється від органічних речовин (ПО) на 90% та від хлорорганічних речовин (хлороформу) на 95-99%.

У порівнянні з побутовими сорбційними та сорбційно-іонообмінними фільтрами, фільтри з використанням зворотньоосмотичних мембран за ефективністю щодо видалення з води різних речовин, насамперед мінеральних, є найкращими. Натомість застосування побутових мембранних фільтрів для доочищення водопровідної води, яка не потребує поліпшення за показниками сухого залишку, хлоридів, сульфатів тощо, є недоцільним, оскільки в результаті цього отримується питна вода, що за своїм мінеральним складом не відповідає фізіологічній повноцінності та при тривалому споживанні може негативно впливати на стан здоров'я людини. Використання фільтрів зі зворотньоосмотичною мембраною показано для тих регіонів країни, де населення споживає некондиційну за мінеральним складом водопровідну воду.

Натомість наш досвід свідчить, що мембранні фільтри зазвичай використовують у побуті для доочищення питної води в регіонах, де вона не потребує демінералізації. Наприклад, в м. Києві немає потреби у використанні таких фільтрів для доочищення питної води, оскільки її мінералізація знаходиться в межах оптимальних значень. Для поліпшення якості питної води, що містить в собі підвищений вміст органічних речовин, достатньо

використання фільтрів на основі сорбційних або сорбційно-іонообмінних методів.

Крім найбільш поширених побутових водоочищувачів на основі сорбційних методів, іонного обміну чи зворотнього осмосу, є і побутові водоочисні системи, в яких використовуються електрохімічні методи або їх комбінації з іншими методами (таблця 1.6).

Таблиця 1.6 - Селективна дія водоочищувачів на основі електрохімічних методів щодо показників якості питної води (за даними виробників).

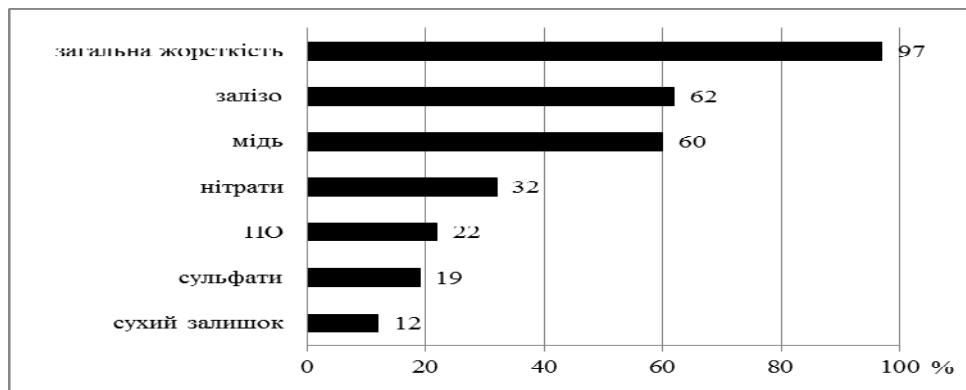
| Найменування водоочищувача, виробник | Функціональний елемент   | Показник, що поліпшується |               |              |                     |          |        |         |    |
|--------------------------------------|--|---------------------------|---------------|--------------|---------------------|----------|--------|---------|----|
|                                      |  | Каламутність              | Активний хлор | Важкі метали | Загальна жорсткість | Сульфати | Залізо | Нітрати | ПО |
| «Изумруд», Росія                     | Електрохімічний реактор  | +                         |               | +            |                     |          | +      |         | +  |
| «Ековод», Україна                    | Електрохімічний реактор  |                           | +             | +            | +                   |          | +      | +       | +  |
| «Ідеал», Росія                       | Механічний фільтр, іонообмінна смола, електрохімічний реактор, активоване вугілля* |                           | +             | +            | +                   |          | +      | +       |    |
| «Elis», Корея                        | Механічний фільтр, активоване вугілля*, іонообмінна смола, електрохімічний реактор |                           |               | +            | +                   | +        | +      | +       | +  |

Примітка: \* – активоване вугілля оброблене мікрокристалічним сріблом.

У водоочищувачах, що наведені в таблиці 1.6, доочищення питної води відбувається з використанням методу електролізу. За допомогою електричного струму вода розкладається на складові – кисень і водень та в результаті руйнуються органічні речовини, відбувається видалення важких металів та інших неорганічних речовин. Водоочищувач «Ековод» є наливним апаратом, тоді як всі інші водоочищувачі є проточними та приєднуються до водопровідної мережі. Установки «Изумруд» та «Ековод» мають в своєму складі лише діафрагменний електрохімічний реактор без додаткових модулів. Більш

складну будову мають водоочищувачі «Elis» та «Ідеал», основним модулем яких також є діафрагменний електрохімічний реактор, але у поєднанні з механічним фільтром, фільтром з активованим вугіллям та іонообмінною смолою. За даними виробників, застосування електрохімічного реактору дозволить не лише очистити воду від хлору та його сполук, солей важких металів, органічних та неорганічних речовин, мікроорганізмів, але і змінити її окисно-відновний потенціал, надати воді нових властивостей, покращивши цим її якість [19,20].

Для досліджень, що проводились нами, було взято побутовий водоочищувач «Elis» (рисунок 5).



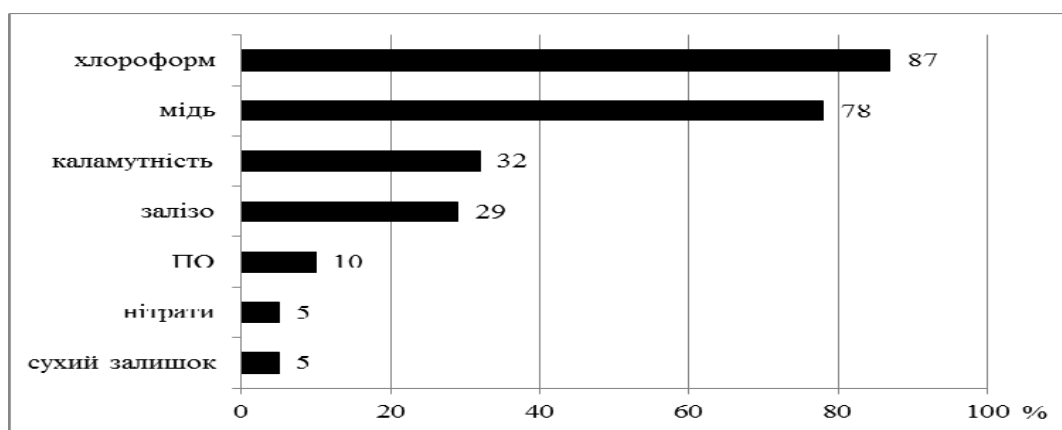
**Рисунок 1.5 - Ефективність доочищення питної води на водоочищувачі «Elis» (усереднені дані)**

Як свідчать отримані дані, електрохімічна доочистка водопровідної води в установці «Elis» забезпечує ефективне видалення солей жорсткості, заліза, міді. Інші показники мінерального складу питної води (загальна мінералізація, сульфати, нітрати, а також органічні речовини видаляються менш ефективно (в межах 10-30%). Виходячи з цього, застосування таких фільтрів є доцільним у тих регіонах, водопровідна вода яких має значні відхилення від нормативів за показниками загальної жорсткості та заліза.

В останні роки для доочищення питної води пропонуються водоочищувачі вітчизняного виробництва, в яких використано метод бульбашково-плівкової екстракції. Даний метод є різновидом методу пінної флоатації та заснований на виділенні синтетичних поверхнево-активних речовин

(ПАР), що містяться у воді, в піну та захоплені нею інших речовин, що призводить до поліпшення якості оброблюваної води [21]. Ці установки вигідно відрізняються від найбільш розповсюджених водоочисних систем, заснованих на сорбційних, іонообмінних та мембранних технологіях, простотою процесу очистки, відсутністю необхідності заміни або регенерації фільтруючих матеріалів, мембран, довготривалістю експлуатації, високою ефективністю тощо. Представником побутових водоочищувачів на основі методу бульбашково-плівкової екстракції є установка «Аквілегія». Доочистка води відбувається в корпусі водоочисника при її багатократному проходженні через пісчаний фільтр, вугільний фільтр, аераційний модуль та бульбашково-плівковий екстрактор, які у водоочищувачі «Аквілегія» складають єдиний функціональний комплекс. Час обробки води в установці складає 6-10 годин залежно від моделі, після чого пристрій від'єднується від електричної мережі і через водорозбірний кран можна користуватись очищеною водою. За даними виробників, застосування установки «Аквілегія» дозволяє зменшити у вихідній воді вміст хлору та його сполук, солей важких металів, нітратів, заліза, мікроорганізмів тощо.

Нами вивчалась ефективність цієї установки по відношенню до основних показників якості питної води (рисунок 1.6).



**Рисунок 1.6 - Ефективність доочищення питної води на водоочищувачі «Аквілегія» (усереднені дані)**



Як свідчать отримані дані, водоочищувач «Аквілегія» є ефективним у видаленні з води летких хлорорганічних сполук (хлороформу), солей важких металів (мідь) та мало впливає на загальний сольовий склад та органічну компоненту води.

Оскільки процес очищення води в установці «Аквілегія» відбувається за присутності у воді синтетичних ПАР, які у водопровідній воді були відсутні, то можна вважати, що роботу установки забезпечують ендogenous ПАР, які, ймовірно, постійно присутні у воді. Тому представляло інтерес вивчення ефективності установки щодо хімічних речовин, в тому числі ПАР, при збільшенні у воді поверхнево-активних речовин за рахунок штучного її забруднення аніонними СПАР (алкілбензолсульфонатом натрію) у кількостях 1 і 10 ГДК. Отримані дані підтвердили ефективність установки щодо усіх приведених вище показників. При цьому ступінь очистки води від СПАР при вихідному їх вмісті 1 ГДК складає 92%, а при 10 ГДК – 97%. Таким чином, результати досліджень свідчать, що установка «Аквілегія» є ефективною не тільки по відношенню до хімічних речовин (рисунок 6), але і СПАР, які сприяють очищенню води і при цьому самі із води ефективно видаляються.

Як результат виконаного аналізу зазначимо наступне.

Недосконалі застарілі технології водопідготовки на водопровідних станціях, незадовільний санітарно-технічний стан водорозподільчих мереж не можуть забезпечити високу якість водопровідної питної води, що становить ризик для здоров'я населення. Тому в усьому світі, а в останні роки і у нас, все більшого поширення набувають заходи, спрямовані на доочищення питної води в місцях її безпосереднього споживання.

Для доочищення питної води в побуті використовуються як прості, так і більш складні водоочищувачі (ємнісні або проточні) на основі одного-двох або більше методів очистки, серед яких переважають сорбційні, іонообмінні, мембранно-осмотичні та останнім часом і електрохімічні методи. За даними виробників та результатами власних досліджень, водоочищувачі в залежності від методів, що в них застосовуються, здатні поліпшувати якість питної води з

різною ефективністю щодо окремих показників, по відношенню до яких застосовані методи є селективними.

Побутові водоочищувачі мають як позитивні (невеликі розміри, простота у використанні, висока ефективність, доступна ціна та інш.), так і негативні (відсутній контроль якості доочищення води, необхідність заміни фільтруючих елементів тощо) сторони. Але основною є проблема вибору побутових водоочищувачів, що проводиться населенням, як правило, не за принципом використання для поліпшення якості води за конкретними показниками, а за уявленням, що чим більше показників зміниться, тим якість води буде краща. І там де вистачило б для доочищення води простого фільтру із активованим вугіллям (для покращення насамперед органолептичних та деяких інших показників) часто не виправдано використовують більш складні одно-, двохчи навіть трьох компонентні водоочисні установки на основі мембранних методів. Зворотньоосмотичні мембранні пристрої разом з видаленням з води шкідливих домішок можуть затримувати і корисні мінеральні речовини – солі натрію, магнію, калію і кальцію до рівнів, які виходять за межі фізіологічного нормативу. В результаті така вода не буде відповідати біологічним потребам організму і при тривалому споживанні може негативно впливати на стан здоров'я населення.

Основним критерієм для вибору побутових водоочищувачів має бути якісний склад питної води з урахуванням конкретних показників, що потребують корекції. Водоочисні фільтри повинні мати оптимальний набір функціональних елементів, що забезпечуватимуть приведення некондиційних показників якості води до нормативних вимог та не змінять рівні показників, що роблять воду фізіологічно повноцінною.

Досвід свідчить, що у побутових водоочищувачів є і прихильники, і противники. Прихильники фільтрів вважають, що шляхом доочищення можна отримати більш якісну питну воду, ніж водопровідна, що не завжди має належну якість. Але є і ті, що вбачають у побутових водоочищувачах більше недоліків, ніж переваг. Автори даної публікації на підставі результатів власних

досліджень позиціонують себе з тими, хто ставиться до побутових фільтрів більш позитивно, ніж негативно, поділяючи при цьому думку більшості фахівців про те, що доочищення питної води на колективних установках є кращим рішенням, ніж на побутових фільтрах. Натомість впровадження колективних фільтрів за різних причин проходить в нашій країні повільно і тому побутові водоочищувачі доцільно і в подальшому продовжувати використовувати, незважаючи на окремі їх недоліки, які можуть бути мінімізовані при правильному виборі та належній експлуатації.

Результати власних досліджень ефективності роботи сучасних побутових водоочищувачів, матеріали нашого анкетного опитування населення щодо їх ставлення до доочищення питної води та оцінки різних систем водоочищувачів свідчать, що в країні є нагальна потреба у розробці нормативного документу, що на науковій основі регламентував би вимоги до вибору та використання побутових водоочищувачів для доочищення питної води.

За наведеними висновками сформульовані подальші задачі роботи, що наведені у вступі.

## **2 АНАЛІЗ ПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЯК СПОСІБ НОРМАЛІЗАЦІЇ ЇЇ ЯКОСТІ НА РІВНІ СПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕННЯМ**

### **2.1 Оцінка екологічного стану систем водопостачання в Україні**

Переважає більшість населення України (близько 75 %) використовує для господарсько-питних потреб очищену річкову воду Дніпра, що характеризується високим вмістом органічних речовин через геологічні особливості будови гідрологічної мережі України. Сезонні погіршення якості річкової води за органічною компонентою здійснюються за рахунок збільшення важкоокиснюваних речовин, до яких відносяться, у першу чергу, гумусові. Разом з органічними речовинами через вищезазначені чинники у річкову воду надходять і мінеральні, наприклад, залізо, марганець тощо. Значні кількості органічних речовин та марганцю надходять у поверхневу воду також через розклад залишків тварин та рослинних організмів, особливо синьо-зелених, діатомових водоростей та вищої водної рослинності. Органічні та деякі інші речовини частково затримуються традиційними спорудами водопровідних станцій та транзитом надходять до питної води. Самі по собі органічні речовини природного походження не несуть небезпеку для здоров'я споживачів. Однак, річкова вода може бути забруднена органічними речовинами як природного, так і антропогенного походження. Крім того, у разі понаднормативного вмісту органічних речовин у природній воді під час її хлорування у питній воді утворюється понаднормативний вміст токсичних побічних продуктів дезінфекції. Органічні речовини у питній воді також можуть сприяти біообростанню водопровідних споруд і розподільних мереж та вторинному забрудненню питної води у результаті мікробного росту.

Враховуючи зазначене, у Директиві 98/83/ЄС щодо води, призначеної для споживання людиною, перманганатна окиснюваність (ПО) та ще 14 фізичних та хімічних показників якості питних вод віднесено до індикаторних,

нормативи для яких можуть бути збільшені компетентним органом до рівнів, що гарантуватимуть безпечне споживання питної води.

Подібний підхід застосовували ще у СРСР для 6 санітарно-хімічних показників. Було лише бажано мінімізувати концентрацію, наприклад, загального заліза у питній воді до 0,3 мг/л. Залізо у більших концентраціях сприяє розмноженню залізобактерій у водопровідних мережах, що погіршують каламутність та інші органолептичні показники якості питної води та можуть руйнувати матеріал водопровідних труб і споруд. Отже, норматив для заліза 0,3 мг/л був лише профілактичним заходом з метою стабілізації якості питної води, максимальним значенням нормативу вважали – 1,0 мг/л [10]. У чинних ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» подібних показників 9, однак підвищення їх нормативів можливе лише до 01.01.2020 р. за визначених умов до вказаних максимальних значень.

На сьогодні в Директиві 98/83/ЄС та Україні відсутній алгоритм прийняття рішень щодо безпечності питної води у разі наднормативного вмісту індикаторних показників.

Результати проведених досліджень щодо порівняльної оцінки технологічних прийомів обробки водопровідних питних вод та якості вихідних та питних вод після 6-ти водопровідних очисних споруд, що використовують в якості вихідної воду р. Дніпро, показали наступне. На досліджуваних водопровідних станціях використовують наступні водопровідні споруди: мікро фільтри, змішувачі, камери реакції, горизонтальні відстійники, контактні освітлювачі, швидкі фільтри, РЧВ.

Як можна бачити у таблиці 2.1, технології, що використовують на водопровідних станціях, відрізняються наявністю мікро фільтрів, спорудами для проведення коагуляції та освітлення. Зокрема, використовують камери утворення пластівців зі зваженим осадом та горизонтальні відстійники або контактні освітлювачі, а також швидкі фільтри з різними засипками.

Таблиця 2.1 – Водопровідні споруди, що використовуються на водопровідних станціях

| Водопровідні споруди                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Мікро фільтри                                  | + | + |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |
| Змішувач                                       |   | + | + |   |   | + |   |   |   |    | +  |
| Контактна камера                               | + |   |   | + |   |   |   |   |   |    |    |
| Камери утворення пластівців зі зваженим осадом |   | + | + | + |   | + |   |   | + |    |    |
| Контактні освітлювачі                          | + |   |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |
| Горизонтальні відстійники                      |   | + | + | + |   | + |   |   | + |    |    |
| Резервуари освітленої води                     |   |   |   |   |   |   |   |   | + |    |    |
| Проміжний відстійник                           |   |   |   |   |   |   |   |   | + |    |    |
| Швидкі фільтри із засипкою                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| кварцовим піском                               |   | + |   |   |   |   |   |   |   | +  |    |
| цеолітом                                       |   |   |   |   |   |   |   | + |   |    |    |
| антрацит-фільтрантом                           |   |   |   |   |   |   |   | + |   |    |    |
| кварцитом та антрацит-фільтрантом              |   |   |   |   | + |   |   |   |   |    |    |
| кварцовим піском та антрацит-фільтрантом       |   |   |   |   |   |   |   | + | + |    |    |
| активованим вугіллям та кварцовим піском       |   |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |
| активованим вугіллям та цеолітом               |   |   |   | + |   | + | + |   |   |    |    |
| РЧВ  | + | + | + |   |   | + |   |   | + |    | +  |

Примітка: 1 – КП «Облводоканал»; 2 – КП «Бердянськводоканал»; 3, 4 – два блоки очищення Ломівської НФС КП «Дніпро- водоканал»; 5, 6, 7 – три блоки очищення Кайдакської НФС КП «Дніпроводоканал»; 8, 9, 10 – три блоки очищення блоку очисних споруд № 1 ДВС-1 КП «Водоканал» (м. Запоріжжя); 11 – блок очисних споруд № 2 ДВС-1 КП «Водоканал» (м. За- поріжжя)

На досліджуваних водопровідних станціях використовують наступні традиційні реагенти для обробки питної води: рідкий хлор, гіпохлорит натрію, сульфат амонію, сульфат алюмінію, гідроксихлорид алюмінію, флокулянти з групи поліакриламідів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Реагенти, що використовуються на водопровідних станціях

| Назва методу обробки | Реагент                             | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Преамонізація        | сульфат амонію                      |   |   |   |   | + | + |
| Первинне хлорування  | рідкий хлор                         | + |   | + | + | + | + |
|                      | гіпохлорит натрію                   |   | * |   |   |   |   |
| Коагуляція           | сульфат алюмінію,                   | * | * | * |   | + | + |
|                      | гідроксихлорид алюмінію “Pro-AQUA”™ |   |   | + | + | + | + |

|                     |  |   |   |   |   |   |   |
|---------------------|--|---|---|---|---|---|---|
|                     | гідроксихлорид алюмінію “ПОЛВАК” ТМ                |   |   | + | + |   |   |
| Флокуляція          | флокулянт «EXTRAFLOCK» виробництва “ПХЗ Коагулянт” |   |   | + | + |   |   |
| Вторинне хлорування | гіпохлорит натрію                                  |   | + |   |   |   |   |
|                     | рідкий хлор  | + |   | + | + | + | + |

Примітка: 1 – КП «Облводоканал»; 2 – КП «Бердянськводоканал»; 3 – Ломівська насосно-фільтрувальна станція КП «Дніпроводоканал»; 4 – Кайдакська насосно-фільтрувальна станція КП «Дніпроводоканал»; 5 – ДВС-1 КП «Водоканал» (м. Запоріжжя), блок очисних споруд № 1; 6 – ДВС-1 КП «Водоканал» (м. Запоріжжя), блок очисних споруд № 2; \* – реагенти використовуються за необхідності

Як бачимо у табл. 2.2, технології, що використовують на водопровідних станціях, відрізняються наявністю преамонізації, флокуляції, коагуляції, видом хлорвміщуючого реагенту, маркою гідроксихлориду алюмінію та передбачають знезараження питної води здебільшого рідким хлором. На досліджуваних 6-ти водоканалах кількість санітарно-хімічних показників, що контролюється у питній воді, коливає від 17 до 50 (мінімальна кількість згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 – 42), переважна їх більшість характеризує мінеральний склад.

За результатами проведених досліджень у водопровідних питних водах періодично або епізодично виявляються перевищення наступних 9-ти індикаторних санітарно-хімічних показників: каламутність, забарвленість, смак та присмак, ПО, амоній, водневий показник, алюміній, залізо, марганець (табл.2.3).

Таблиця 2.3 - Проблемні індикаторні санітарно-хімічні показники якості водопровідних питних вод, виготовлених з води р. Дніпро

| Показник          | Одиниця виміру | Максимальний вміст у питній воді | Норматив    |                               |           |
|-------------------|----------------|----------------------------------|-------------|-------------------------------|-----------|
|                   |                |                                  | ДСанПіН     | проект нової редакції ДСанПіН | Директива |
| Смак та присмак   | бали           | 3                                | ≤2          | ≤2                            | **        |
| Каламутність      | НОК            | 3,5                              | ≤1 (2,6)*   | ≤2,6***                       | **<br>*** |
| Забарвленість     | град.          | 31                               | ≤20 (35)*   | ≤20                           | **        |
| Водневий показник | Одиниці рН     | 8,62                             | 6,5–8,5     | 6,5–9,0                       | 6,5–9,5   |
| Амоній            | мг/л           | 0,98                             | ≤0,5 (2,6)* | ≤0,5                          | ≤0,5      |

|           |      |      |                    |             |             |
|-----------|------|------|--------------------|-------------|-------------|
| Залізо    | мг/л | 0,25 | $\leq 0,2$ (1,0)*  | $\leq 0,2$  | $\leq 0,2$  |
| Марганець | мг/л | 0,25 | $\leq 0,05$ (0,5)* | $\leq 0,05$ | $\leq 0,05$ |
| Алюміній  | мг/л | 0,5  | $\leq 0,2$ (0,5)*  | $\leq 0,2$  | $\leq 0,2$  |
| ПО        | мг/л | 9,9  | $\leq 5,0$         | $\leq 5,0$  | $\leq 5,0$  |

*Примітка: \* – норматив, зазначений у дужках, має право використовувати підприємство питного водопостачання до 01.01.2020 р. в окремих випадках, пов'язаних з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу; \*\* – прийнятні для споживачів та без аномальних змін; \*\*\* – у разі обробки поверхневої води, слід прагнути знижувати вміст каламутності у питній воді після обробки до  $\leq 1,0$  НОК*

Як можна бачити у табл. 2.3, серед зазначених 9-ти показників тільки 4 (смак, каламутність, рН, ПО) перевищували максимальні значення нормативів згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, що чинні до 01.01.2020 р. Серед вказаних 4-х показників три показника (смак, каламутність, водневий показник) виявлялися лише епізодично (у різних пробах питних вод та різні роки). Понаднормативний вміст ПО було виявлено у питних водах, що надходили у розподільну мережу, після всіх 5-ти водопровідних очисних споруд. Перевищення нормативу за цим показником було найбільшим – у 2 рази (таблиці 2.4).

Як можна бачити у таблиці 2.4, у питній воді КП «Дніпроводоканал» та КП «Водоканал» навіть мінімальний та середній вміст ПО був більшим за норматив (5,0 мг/л). Виявлено кількість нестандартних проб питної води за вмістом ПО у питних водах КП «Дніпроводоканал» та КП «Водоканал» протягом 2015–2017 рр. – 100 %, КП «Бердянськводоканал» – 19,4 %. Якість питних вод КП «Дніпроводоканал» та КП «Водоканал» щодо вмісту ПО протягом 3-х років збігалася.

Загалом якість питної води після споруд КП «Бердянськводоканал» краща за якість інших питних вод майже у 2 рази через те, що технологія її очищення передбачає два етапи – на очисних спорудах КП «Облводоканал» перед транспортуванням по Західному груповому водоводу та КП «Бердянськводоканал» перед надходженням до споживачів, а також через кращу якість річкової води у місці водозабору.



Як можна бачити середній вміст ПО у вихідній воді КП «Дніпроводоканал» у 1,2 рази більший, ніж у воді КП «Водоканал» та у 1,6 разів, ніж у вихідній воді КП «Облводоканал». Якість річкової води за вмістом ПО у більшості відібраних проб відповідала 2-му та 3-му класу якості за ДСТУ 4808:2007. Зокрема, відповідала 3-му класу якості 67 % проб КП «Дніпроводоканал» та 2-му класу – 75 % проб КП «Водоканал» та 100 % проб КП «Облводоканал». За вмістом ХСК якість річкової води відповідала 2-му класу якості та була подібна на станціях КП «Водоканал» та КП «Дніпроводоканал». Забарвленість у вихідній воді на станції КП «Дніпроводоканал» була гіршою за цей показник у вихідній воді КП «Облводоканал» майже у 2 рази, КП «Бердянськводоканал» – 3 рази, КП «Водоканал» – 1,6 разів. На станції КП «Облводоканал» якість 58 % проб води відповідали 2-му класу, інші 1-му; на інших станціях 2-му класу якості за ДСТУ 4808:2007.

Отже, вихідна вода КП «Дніпроводоканал» мала найгіршу якість щодо вмісту органічних речовин у порівнянні з дослідженими водами інших водозаборів. Різні значення коефіцієнтів забарвленості (забарвленість÷ПО) [11, 12] можуть свідчити також про різницю у якісному складі органічних речовин у вихідних водах КП «Дніпроводоканал» та КП «Водоканал».

Таблиця 2.4 – Середньорічний вміст ПО у водопровідних питних водах у різні роки

| Рік  | Вміст у питних водах, мг/л |      |                |
|--|----------------------------|------|----------------|
|  | min                        | max  | med, M±m, n=12 |
| КП «Бердянськводоканал»                                      |                            |      |                |
| 2017   | 3,52                       | 4,96 | 4,58±0,13      |
| 2016   | 4,0                        | 6,16 | 5,16±0,20      |
| 2015   | 5,4                        | 6,16 | 5,73±0,07      |
| КП «Дніпроводоканал» Ломівська насосно-фільтрувальна станція |                            |      |                |
| 2017   | 7,84                       | 9,57 | 8,57±0,17      |
| 2016   | 6,78                       | 8,65 | 7,64±0,21      |
| 2015   | 6,04                       | 8,98 | 7,71±0,3       |
| Кайдакська насосно-фільтрувальна станція                     |                            |      |                |
| 2017   | 8,6                        | 9,9  | 9,15±0,15      |

|   |     |     |           |
|---|-----|-----|-----------|
| 2016  | 6,1 | 8,7 | 7,37±0,21 |
| 2015  | 6,4 | 9,8 | 7,68±0,3  |
| КП «Водоканал», м. Запоріжжя, ДВС-1 блок очисних споруд № 1 |     |     |           |
| 2017  | 7,2 | 9,9 | 8,69±0,23 |
| 2016  | 5,1 | 9,8 | 7,04±0,35 |
| 2015  | 6,0 | 9,2 | 7,61±0,29 |
| блок очисних споруд № 2                                     |     |     |           |
| 2017  | 7,6 | 9,6 | 8,73±0,19 |
| 2016  | 5,3 | 9,7 | 7,1±0,4   |
| 2015  | 6,0 | 8,9 | 7,6±0,3   |

*Примітка: min – мінімальний, max – максимальний, med – середній вміст*

Як можна бачити у таблиці 2.4, у середньому ефективність очищення питної води від ПО на спорудах КНФС – 25,8 %, ЛНФС – 28,1 %, КП «Водоканал» (блок очисних споруд № 2) – 12,6 %, КП «Водоканал» (блок очисних споруд № 1) – 13,7 %, а після очищення на спорудах КП «Облводоканал», транспортування по великому водоводу та очищення на спорудах КП «Бердянськводоканал» – 34%. Технологія очищення питної води, що застосовувалася на КП «Дніпроводоканал», ефективніша щодо поліпшення ПО за технологію на КП «Водоканал» майже у 2 рази, але чинниками зазначеного можуть бути: різниця у складі органічних речовин у вихідних водах, відсутність преамонізації, використання коагулянту «ПОЛВАК», флокулянту «EXTRAFLOCK», швидких фільтрів із засипкою активованим вугіллям та цеолітом, тощо.

Застосовані технології на водопровідних станціях не спроможні довести вміст ПО у питній воді щодо чинного в Україні гігієнічного нормативу (5 мг/л). Крім того, на сьогодні законодавство України не передбачає збільшення нормативу для ПО на відміну від європейського, що призвело до кризи у сфері централізованого питного водопостачання.

Як зазначалося раніш, самі по собі органічні речовини у разі природного їх походження не несуть прямої небезпеки для здоров'я споживачів, але можуть негативно впливати на санітарний стан трубопроводів та споруд, органолептичні та мікробіологічні показники якості питної води, а також вміст побічних продуктів дезінфекції. Але слід пам'ятати, що у разі наявності у

річковій воді органічних речовин антропогенного походження може з'являтися певний ризик для здоров'я споживачів питної води.

Результати проведених досліджень якості питних вод 6-ти водопровідних станцій свідчать також про наявність 7-ми проблемних показників, понаднормативний вміст 4-х з них свідчить про антропогенне забруднення води р. Дніпро (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Виявлені проблемні показники у питних водах водоканалів (крім індикаторних) за 2015–2017 рр

| Показник, одиниця виміру                                      | Вміст у воді |        |                | Нормативи            |                    |
|---|--------------|--------|----------------|----------------------|--------------------|
|   | min          | max    | med, M±m, n=36 | ДСанПіН 2.2.4-171-10 | Директива 98/83/ЄС |
| Кайдакська насосно-фільтрувальна станція КП «Дніпроводоканал» |              |        |                |                      |                    |
| Нафтопродукти, мг/л   | <0,005       | 0,2    | 0,01±0,006     | ≤ 0,1                | **                 |
| Хлороформ, мкг/л  | 109          | 270    | 170,41±5,42    | ≤ 60                 | ****               |
| Ломівська насосно-фільтрувальна станція КП «Дніпроводоканал»  |              |        |                |                      |                    |
| Хлороформ, мкг/л  | 127          | 282    | 185,28±6,78    | ≤ 60                 | ****               |
| Дибромхлорметан, мкг/л  | н/в          | 31     | 2,61±1,51      | ≤ 10                 | ****               |
| КП «Водоканал», м. Запоріжжя, ДВС-1, блок очисних споруд № 1  |              |        |                |                      |                    |
| Феноли леткі, мг/л  | <0,001       | 0,0012 | 0,001±0,0002   | ≤ 0,001              | **                 |
| Хлор зв'язаний  | 1,0          | 1,97   | 1,26±0,06      | 0,8–1,2              | **                 |
| КП «Водоканал», м. Запоріжжя, ДВС-1, блок очисних споруд № 2  |              |        |                |                      |                    |
| Феноли леткі, мг/л  | <0,001       | 0,0015 | 0,002±0,0003   | ≤ 0,001              | **                 |
| Хлор зв'язаний  | 0,99         | 1,98   | 1,27±0,06      | 0,8–1,2              | **                 |
| КП «Бердянськвооканал»  |              |        |                |                      |                    |
| Нікель  | 0,01         | 0,20   | 0,02±0,01      | ≤ 0,02 (0,1)*        | ≤ 0,02             |
| Селен***  | 0,003        | 0,05   | 0,01±0,004     | ≤ 0,01               | ≤ 0,01             |

Примітка: min – мінімальний вміст; max – максимальний вміст; med – середній вміст;

\*норматив був чинний в Україні до 2010 р.;

\*\* замість хлору, нафтопродуктів, фенолів контролюють органолептичні показники;

\*\*\*дані лише за 2017 р.;

\*\*\*\* замість хлороформу та дибромхлорметану визначають суму тригалогенметанів (норматив – 100 мкг/л)

Чинником наявності у питній воді тригалоген метанів (хлороформу та дибромхлорметану) є вміст органічних речовин у вихідних водах та наявність первинного хлорування «чистим» хлором, хлору – перевищення доз хлору на водопровідних станціях, нікелю, селену, фенолів та нафтопродуктів – антропогенне забруднення річкової води. Виявлено, що нікель та селен

постійно виявляються у вихідній та питній воді КП «Бердянськвооканал», однак періодично у понаднормативних концентраціях. Протягом 3-х років серед 36 проб не відповідали гігієнічним вимогам за вмістом нікелю 10 проб питної води (максимальний вміст перевищував гігієнічний норматив у 10 разів). Протягом 2017 року (раніше цей показник не визначали) серед 12 проб не відповідали гігієнічним вимогам 2 проби питної води за вмістом селену (максимальний вміст перевищував гігієнічний норматив у 5 разів). У воді КП «Водоканал» також виявлялися у концентраціях, що не перевищують відповідні гігієнічні нормативи, періодично – нікель та селен, епізодично – нафтопродукти та у понаднормативних концентраціях – феноли. У вихідних та питних водах Кайдакської насоснофільтрувальної станції у 2015 р. також майже постійно виявлялися нафтопродукти у концентраціях, що лише епізодично перевищували гігієнічний норматив.

Вищезазначене підтверджує наявність антропогенного забруднення річки Дніпро у місцях досліджуваних питних водозаборів та свідчить про можливість збільшення компетентним органом нормативу для ПО, однак у кожному конкретному випадку, на підставі результатів екологічного моніторингу якості води вододжерела та за визначених науково обґрунтованих умов. Зокрема, за умови мінімізації вмісту хлорорганічних речовин, забезпечення відповідного санітарного стану трубопроводів та споруд, жорсткішого контролю якості питної води, зокрема, за показниками епідемічної безпеки та небезпечними речовинами, якщо існує потенціальний ризик забруднення ними питних вод, відповідно до результатів екологічного моніторингу водного об'єкту тощо.

Отже, наукове обґрунтування та впровадження профілактичних заходів повинні стати основою у разі корегування нормативів для індикаторних показників. Під час проведення відповідних досліджень слід брати до уваги наступні критерії оцінки: чинники наявності у питній воді (їх походження), частоту і кратність перевищення показником гігієнічного нормативу (необхідно враховувати, що небезпека перевищення нормативу оцінюється для кожного показника індивідуально), клас безпеки і його лімітуючу ознаку шкідливості,

кількість показників у наднормативних концентраціях, наслідки понаднормативного вмісту у питній воді та інше.

У Директиві 98/83/ЄС щодо води, призначеної для споживання людиною, 20 показників якості питних вод віднесено до індикаторних, нормативи для яких встановлено «із запасом» та можуть бути збільшені до меж, що гарантують безпечність питної води для здоров'я людини.

Такий підхід обумовлений органолептичною ознакою шкідливості або непрямим впливом на здоров'я споживачів, а також несуттєвою бар'єрною здатністю традиційних споруд водопровідних станцій щодо цих показників та переважно природним їх вмістом (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 - Індикаторні санітарно-хімічні показники якості водопровідних питних вод

| Показник  | Одиниця вимірювання                       | Гігієнічні нормативи |  |                               |
|---|---|----------------------|--|-------------------------------|
|   |   | ДСанПіН              | Директива                                  | проект нової редакції ДСанПіН |
| Хлориди   | мг/л                                      | ≤250 (350)*          | ≤250                                       | ≤250                          |
| Електрична провідність  | мкСм/см при температурі 20 <sup>0</sup> С | –                    | ≤2500                                      | ≤2500                         |
| Запах при t 20 <sup>0</sup> С та при нагріванні до 60 <sup>0</sup> С* | бали                                      | ≤2                   | досяжна для споживачів та без великих змін | ≤2                            |
| Сульфат   | мг/л                                      | ≤250 (500)*          | ≤250                                       | ≤250                          |
| Натрій  | мг/л                                      | ≤200                 | ≤200                                       | ≤200                          |
| Загальний органічний вуглець (ЗОВ)                                    |   | ≤8                   | без аномальних змін                        | без суттєвих змін             |
| Сухий залишок   | мг/л                                      | ≤1000 (1500)*        | –  | ≤1000                         |

*Примітка: \* – норматив, зазначений у дужках, має право використовувати підприємство питного водопостачання до 01.01.2020 р. в окремих випадках, пов'язаних з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу*

Як можна бачити у табл. 2.6, в Україні слід впровадити новий показник – електрична провідність, що характеризує кількість у воді солей, у тому числі, солей жорсткості [13]. У Директиві зазначено, що заходи, що вживаються для імплементації цього документу ні за яких умов не повинні призвести до

підвищення забруднення вихідної води та/або до прямого або опосередкованого погіршення існуючої якості питної води, оскільки це є важливим для захисту здоров'я споживачів. На підставі зазначеного, у розробленому на сьогодні проекті нової редакції ДСанПіН 2.2.4-171-10 для деяких показників встановлено нормативи жорсткіші ніж у Директиві (для органолептичних та водневого показника). Крім того, проведені епідеміологічні дослідження підтвердили необхідність нормування у питній воді сухого залишку. Виявлено, що 1150 випадків на 100 тис. населення захворювань хвороби системи кровообігу серед жителів м. Кам'янське пов'язано з підвищеним мінеральним складом питної води (сухий залишок у 2004–2013 роках був на рівні –  $1777,7 \pm 225,5$  мг/л). Отримані результати кореляційного і регресійного аналізів практично збігаються з міжнародними науковими дослідженнями в області впливу мінеральних компонентів питної води на захворюваність населення [14].

Слід зупинитися також на тому, що в Україні згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 слід прийняти за орієнтовні наступні максимальні значення гігієнічних нормативів для: амонію – 2,6 мг/л; заліза – 1,0 мг/л; марганцю – 0,5 мг/л; хлоридів – 350 мг/л; сульфатів – 500 мг/л, сухого залишку – 1500 мг/л, загальної жорсткості – 10 моль/л, кольоровості – 35 градусів, каламутності – 3,5 НОК (згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 чинні до 01.01.2020 р.), алюмінію – 0,5 мг/л. У випадку наявності потенційного ризику негативного впливу питної води на здоров'я споживачів слід примати заходи щодо поліпшення якості питної води або впроваджувати її обмежене використання, або здійснювати іншу діяльність, яка необхідна для захисту здоров'я споживачів. Компетентні органи або інші відповідні органи повинні вирішити, яку діяльність потрібно здійснити, приймаючи до уваги ризику для здоров'я споживачів, до яких призведе затримка постачання або обмеження у використанні питної води.

Підтверджено, що для очищення поверхневих вод на водопровідних станціях використовуються застарілі традиційні технології, які мають низьку ефективність очищення щодо ПО (близько 12 % – 30 %) і не дозволяють доводити якість питної води до діючих гігієнічних вимог. Через недосконалі

технології та понаднормативний вміст органічних речовин у понаднормативних кількостях у питних водах КП «Дніпроводоканал» безперервно знаходиться хлороформ (від 1,8ГДК до 4,7ГДК) та періодично дибромхлорметан (до 3 ГДК), КП «Водоканал» – хлор зв'язаний (до 1,1 ГДК). На більшості водопровідних станціях відсутній порядок проведення виробничого контролю якості питних вод, регламентований ДСа- нПіН 2.2.4-171-10.

Виявлено, що на сьогодні якість водопровідної питної води, що виготовляється з води р. Дніпро, не відповідає гігієнічним вимогам за 9-тьма індикаторними показниками: каламутність, забарвленість, смак та присмак, ПО, амоній, водневий показник, залізо, алюміній, марганець. У порівнянні з іншими показниками ПО має найбільше максимальне перевищення нормативу (5 мг/л) (у 2 рази), кількість нестандартних проб за цим показником може сягати 100 %.

На фоні понаднормативного вмісту органічних речовин у воді досліджуваних питних водозаборів р. Дніпро виявлено антропогенне забруднення такими речовинами як: нікель, селен, феноли та нафто-продукти. Нікель та селен постійно знаходяться у вихідній та питній воді КП «Бердянськводоканал», періодично у понаднормативних концентраціях та у воді КП «Водоканал» у концентраціях, що не перевищують гігієнічні нормативи (0,02 мг/л та 0,01 мг/л відповідно). Нафтопродукти періодично виявляються у вихідних та питних водах КП «Водоканал» та Кайдакської насосно-фільтрувальної станції у концентраціях, що не перевищують або епізодично перевищують гігієнічний норматив ( $\leq 0,1$  мг/л). Феноли періодично виявляються у вихідних та питних водах КП «Водоканал» у понаднормативних концентраціях ( $> 0,001$  мг/л).

Встановлено, що згідно з вимогами законодавства у чинні ДСанПіН 2.2.4-171-10 слід внести зміни щодо оцінки якості питних вод за індикаторними показниками. Через наявність антропогенного забруднення вод у місцях питних водозаборів прийняття рішень щодо корегування нормативів для індикаторних (-ого) показників (-а) слід проводити після наукового обґрунтування, зокрема,

на підставі результатів екологічного моніторингу водного об'єкту, аналізу чинників та наслідків понаднормативного вмісту у питній воді зазначених (-ого) показників (-ка), а також виявлення необхідних умов для попередження негативного впливу питної води на здоров'я споживачів. Визначені критерії оцінки, що слід брати до уваги під час проведення наукового обґрунтування.

## **2.2 Принцип технології ультратонкої очистки, конструктивні особливості та результати випробувань портативного фільтру на його основі**

Основною проблемою при вдосконаленні і розширенні застосування баромембранних процесів при корегуванні водних розбавлених розчинів – природної питної води та інших джерел водопостачання з підвищеними значеннями концентрації є одна із основних задач теорії електролітів – теоретичний розрахунок коефіцієнтів активності, який дає можливість теоретично їх розраховувати і використовувати при розрахунках баромембранних процесів і апаратів згідно з наступною функціональною залежністю:

$$a = \gamma * c \quad (2.1)$$

де основною величиною є коефіцієнт активності  $\gamma$  [11 – 13], який на практиці визначається експериментально і наводиться у вигляді відповідних табличних даних для певних компонентів, а не для всіх, які знаходяться у водах джерел водопостачання. Коефіцієнт активності – коефіцієнт, який пов'язує реальну концентрацію електроліту з його термодинамічною активністю [14, 15].

За формулою 2.2 [16] здійснено теоретичний розрахунок коефіцієнтів активності для розчинів електролітів, які найпоширеніші у природних водах: NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, CdCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, CrCl<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, концентрацією від 0,0001 до 4,0 моль/дм<sup>3</sup>.



$$\gamma = \exp \left( -\frac{1}{kT} \Psi \frac{z_i^2 e^2 k a_i}{8\pi\epsilon\epsilon_0 a_i (1+\kappa a_i)^2} \Psi \frac{n_i}{n_i+n_i} - \frac{1}{kT} \Psi \frac{z_j^2 e^2 k a_j}{8\pi\epsilon\epsilon_0 a_j (1+\kappa a_j)^2} \Psi \frac{n_j}{n_j+n_j} \right) \quad (2.2)$$

де:  $k$  – постійна Больцмана, Дж;  $T$  – абсолютна температура, К;  $z_i$  – валентність  $i$ -го іона;  $z_j$  – валентність  $j$ -го іона;  $e$  – елементарний заряд, Кл;  $\kappa$  – дебаєвський радіус екранування, м;  $\epsilon_0$  – діелектрична стала, Ф;  $\epsilon$  – діелектрична проникність м води;  $a_i$  – радіус  $i$ -го іона, м;  $a_j$  – радіус  $j$ -го іона, м;  $n_i$  – число іонів сорту « $i$ -го», на які розклалася молекула електроліту;  $n_j$  – число іонів сорту « $j$ -го», на які розклалася молекула електроліту.

Дебаєвський радіус екранування, що є невід'ємною складовою при розрахунках коефіцієнтів активності, розраховується за формулою 2 [16]:

$$d^2 = \frac{F^2 z^+ z^- (z^+ + z^-) c_0}{\epsilon \epsilon_0 R T}, \kappa = \frac{1}{d} \quad (2.3)$$

де:  $F = 96485,3399$  Кл\моль – стала фарадея;  $z^+$ ,  $z^-$  – валентності;  $c_0$  – концентрація електроліту, моль\дм<sup>3</sup>;  $\epsilon_0 = 8,85418 \cdot 10^{-12}$  Ф\м – діелектрична стала;  $\epsilon = 78,8$  – діелектрична проникність для води;  $R = 8,31441$  Дж\моль ЧК – газова стала;  $T = 273 + 25^0\text{C} = 298$  К – абсолютна температура

Для наочності в таблиці 2.1 наведені розраховані за формулою (2.3) значення дебаєвського радіусу екранування для розчинів електролітів, для яких проводився розрахунок коефіцієнтів активності.

Для практичного використання при розрахунках баромембранних процесів у таблиці 2.8 наведені теоретично розраховані коефіцієнти активності в порівнянні з експериментально визначеними [17] (де це було можливим).

Таблиця 2.7 –Значення дебаєвського радіусу екранування  $\kappa$  розчинів електролітів

| Електроліт                        | Розраховане значення $\kappa$ , (нм) для концентрацій електролітів, моль/дм <sup>3</sup> |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                   | 0,0001   | 0,001 | 0,01  | 0,1   | 0,5   | 1,0   | 2,0   | 4,0   |
| NaCl                              | 30,40  | 9,640 | 3,040 | 0,964 | 0,431 | 0,304 | 0,215 | 0,152 |
| KCl                               | 30,40  | 9,640 | 3,040 | 0,964 | 0,431 | 0,304 | 0,215 | 0,152 |
| CaCl <sub>2</sub>                 | 17,60  | 5,560 | 1,760 | 0,556 | 0,248 | 0,176 | 0,124 | 0,088 |
| MgCl <sub>2</sub>                 | 17,60  | 5,560 | 1,760 | 0,556 | 0,248 | 0,176 | 0,124 | 0,088 |
| ZnCl <sub>2</sub>                 | 17,60  | 5,560 | 1,760 | 0,556 | 0,248 | 0,176 | 0,124 | 0,088 |
| CdCl <sub>2</sub>                 | 17,60  | 5,560 | 1,760 | 0,556 | 0,248 | 0,176 | 0,124 | 0,088 |
| AlCl <sub>3</sub>                 | 12,44  | 3,935 | 1,244 | 0,393 | 0,176 | 0,124 | 0,088 | 0,062 |
| CrCl <sub>3</sub>                 | 12,44  | 3,935 | 1,244 | 0,393 | 0,176 | 0,124 | 0,088 | 0,062 |
| Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 17,60  | 5,560 | 1,760 | 0,556 | 0,248 | 0,176 | 0,124 | 0,088 |
| Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 17,60  | 5,560 | 1,760 | 0,556 | 0,248 | 0,176 | 0,124 | 0,088 |

Таблиця 2.8 –Значення коефіцієнтів активності  $\gamma$  для водних розчинів електролітів

| Електр<br>оліт    | Розраховане значення $\gamma$ для концентрацій, моль/дм <sup>3</sup> (довідникове) |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|-------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                   | 0,0001   | 0,001            | 0,01             | 0,1              | 0,5              | 1,0              | 2,0              | 4,0              |
| NaCl              | 0,988<br>(-)   | 0,964<br>(0,965) | 0,898<br>(0,874) | 0,753<br>(0,778) | 0,619<br>(0,681) | 0,569<br>(0,657) | 0,530<br>(0,668) | 0,508<br>(0,783) |
| KCl               | 0,988 (-)  | 0,964<br>(0,966) | 0,899<br>(0,901) | 0,760<br>(0,770) | 0,640<br>(0,651) | 0,598<br>(0,604) | 0,571<br>(0,573) | 0,561<br>(0,577) |
| CaCl <sub>2</sub> | 0,960<br>(-)   | 0,885<br>(0,840) | 0,704<br>(0,580) | 0,428<br>(0,518) | 0,281<br>(0,448) | 0,248<br>(0,500) | 0,235<br>(0,792) | 0,241<br>(0,890) |
| MgCl <sub>2</sub> | 0,960 (-)  | 0,884 (-)        | 0,698 (-)        | 0,404<br>(0,528) | 0,234<br>(0,497) | 0,189<br>(0,569) | 0,162<br>(1,051) | 0,152<br>(5,530) |
| ZnCl <sub>2</sub> | 0,960<br>(-)   | 0,884<br>(-)     | 0,700<br>(-)     | 0,411<br>(0,515) | 0,248<br>(0,380) | 0,207<br>(0,339) | 0,184<br>(0,289) | 0,179<br>(0,307) |
| CdCl <sub>2</sub> | 0,960 (-)  | 0,884 (-)        | 0,703 (-)        | 0,424<br>(0,228) | 0,274<br>(0,114) | 0,238<br>(0,067) | 0,223<br>(0,044) | 0,227<br>(0,030) |
| AlCl <sub>3</sub> | 0,919<br>(-)   | 0,771<br>(-)     | 0,471<br>(-)     | 0,154<br>(-)     | 0,051<br>(0,313) | 0,034<br>(0,539) | 0,025<br>(2,536) | 0,022<br>(-)     |
| CrCl <sub>3</sub> | 0,919 (-)  | 0,772 (-)        | 0,474 (-)        | 0,161 (-)        | 0,060<br>(0,300) | 0,042<br>(0,481) | 0,034 (-)        | 0,033 (-)        |

|                                   |              |              |              |                  |                  |                  |                  |                 |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 0,960<br>(-) | 0,884<br>(-) | 0,699<br>(-) | 0,406<br>(0,522) | 0,236<br>(0,465) | 0,192<br>(0,536) | 0,165<br>(0,835) | 0,155<br>(2,59) |
| Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 0,960 (-)    | 0,884 (-)    | 0,700 (-)    | 0,413<br>(0,530) | 0,251<br>(0,467) | 0,210<br>(0,533) | 0,187<br>(0,814) | 0,182<br>(2,30) |

У зв'язку з наявністю різниці в значеннях теоретично розрахованих і експериментально визначених коефіцієнтів активності, що є дуже суттєво при їх практичному використанні, наведені конкретні випадки з обґрунтування цих явищ.

Так, у випадку 1 – 1 - валентних електролітів (NaCl, KCl) значення теоретично розрахованих коефіцієнтів активності зменшуються зі збільшенням концентрації розчину, а довідникових – зменшуються до певного значення концентрації, а починаючи зі значення концентрації 2,0 моль/дм<sup>3</sup>, значення коефіцієнтів активності починають збільшуватися.

Для 2 – 1 - валентних розчинів електролітів (CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, CdCl<sub>2</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) теоретично розраховані коефіцієнти активності і довідникові значення суттєво відрізняються, а для низьких концентрацій, майже для всіх розчинів, довідникові значення коефіцієнтів активності відсутні. Значення як теоретично розрахованих, так і довідникових коефіцієнтів активності зростають в області високих концентрацій, починаючи зі значення концентрації 2,0 моль/дм<sup>3</sup>.

Для 3 – 1 - валентних розбавлених водних розчинів електролітів (AlCl<sub>3</sub>, CrCl<sub>3</sub>) спостерігається зниження значень теоретично розрахованих коефіцієнтів активності з підвищенням концентрації, тоді як довідникові значення коефіцієнтів активності збільшуються з ростом концентрації. Крім того, в області низьких концентрацій розбавлених водних розчинів значення довідникових коефіцієнтів активності відсутні, що створює значні труднощі при розрахунках і використанні баромембранних процесів.

Відмінність між теоретично розрахованими значеннями коефіцієнтів активності для водних розбавлених розчинів електролітів і довідниковими значеннями можна пояснити тим, що при теоретичному розрахунку

максимально враховані всі параметри процесів, які протікають у розбавлених водних розчинах електролітів, а точність експериментально визначених коефіцієнтів активності визначається методиками, які, по суті, не відповідають такій точності.

Для створення основних теоретичних засад (моделі, механізму) баромембранних процесів, а головне, їх впливу на корегування сумарної концентрації і збалансованості компонентів у питній воді, з використанням створеного приладу і методики, необхідно було проведення ряду системних досліджень у системах «модельні розчини природної питної води, природна вода джерел водопостачання – полімерна багатошарова композитна мембрана – питна вода (водний розбавлений розчин) із заданими параметрами, які повинні бути скореговані в строго заданих границях».

В якості мембран були використані мембрани американського виробництва фірми Filmtec типу TW30-1812-50 (зворотноосмотична мембрана для домашніх фільтрів очистки води, з селективністю  $\phi=98\%$ , з робочим тиском до 2,0 МПа, максимальний тиск – 6 МПа, матеріал – поліамід) та німецького виробництва фірми Koch Membrane Systems типу TFC-ULP 4<sup>с</sup> (зворотноосмотична мембрана низьких тисків, робочий тиск – 0,7-1,2 МПа, максимальний тиск – 2,4 МПа, матеріал – поліамід).

В результаті системних експериментальних досліджень дуже важливої екологічної проблеми – екобезпеки життєдіяльності і здоров'я людини, яка визначається якістю питної води і, особливо, кількісним і якісним складом, співвідношенням компонентів і значенням рН середовища, з використанням новоствореного приладу було отримано ряд параметральних залежностей, що характеризують баромембранні процеси в цілому, а саме, залежності концентрації розчинів  $S_{вх}$  (концентрація водного розбавленого розчину, що надходить на мембрану) від тиску  $P$  та часу  $\tau$ , селективності мембрани  $\phi$  від тиску  $P$  та часу  $\tau$ , а також коефіцієнту зниження концентрації ККЗ від часу  $\tau$ , за якими було побудовано параметральні криві процесу, які дають можливість визначати основні технологічні параметри процесів, а саме: початкову зону –

зону розгону процесу, робочу зону, зону завершення процесу, які характеризуються відповідними інтервалами тисків і тривалістю їх протікання.

На основі результатів проведених досліджень були встановлені механізм та фізична модель баромембранних процесів, які забезпечують вирішення поставленої основної задачі, тобто підготовки питної води із заданим кількісним і якісним складом і співвідношеннями компонентів.

В основу фізичної моделі баромембранних процесів покладена реалізація одночасного протікання процесів селективного видалення компонентів із водного розбавленого розчину та процесу фільтрування, що ще раз підтверджує необхідність створення типорозмірного ряду мембран.

Запропонований механізм баромембранних процесів, полягає в тому, що рушійною силою баромембранних процесів є прикладений тиск, який забезпечує процес фільтрації, а мембрана (рисунок 2.1), за рахунок своєї універсальній селективності, видаляє компоненти розбавленого водного розчину і створює, внаслідок своєї структури, опір фільтрації.



***Рисунок 2.1- Загальний вид рулонного мембранного модуля***

Виходячи з цього, були проведені експериментальні дослідження з використанням реальних вод, таких як вода джерел водопостачання – р.Дніпро, вода, що пройшла очистку на станції водопідготовки – водопровідна вода, вода

локальних джерел водопостачання – вода колодязя, бутильована вода. Результати проведених досліджень представлені в таблиці 2.9.

Широке використання баромембранних процесів для підготовки питної води при вирішенні основної екологічної проблеми – екобезпеки життєдіяльності і здоров'я людини має ряд суттєвих недоліків, які необхідно враховувати в кожному конкретному випадку використання цих процесів. У процесі реалізації баромембранних методів для корегування складу питної води на сучасних апаратах і мембранах, які широко використовуються на локальному рівні, разом із корегуванням загальної концентрації фундаментальних параметрів питної води  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  відбувається зміна співвідношення цих компонентів, наприклад, з  $\text{Mg}^{2+}$ :  $\text{Ca}^{2+} = 1:2$  до  $2:1$ , причому в значній кількості випадків  $\text{Mg}^{2+}$  взагалі видаляється до нульових значень, а за нормативами вони повинні бути  $\text{Ca}^{2+} = 25 - 75$  мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Mg}^{2+} = 10 - 50$  мг/дм<sup>3</sup>. Другим суттєвим недоліком при використанні баромембранних процесів для корегування водних розбавлених розчинів – питної води, є вплив цих процесів і відповідних мембран на показник рН питної води, значення якого зменшується до  $6,0 - 6,6$ , при нормативному значенні  $6,5 - 8,5$ , а наші дослідження з питними водами різної природи показали, що значення рН повинно бути в межах  $7,7 - 8,3$ .

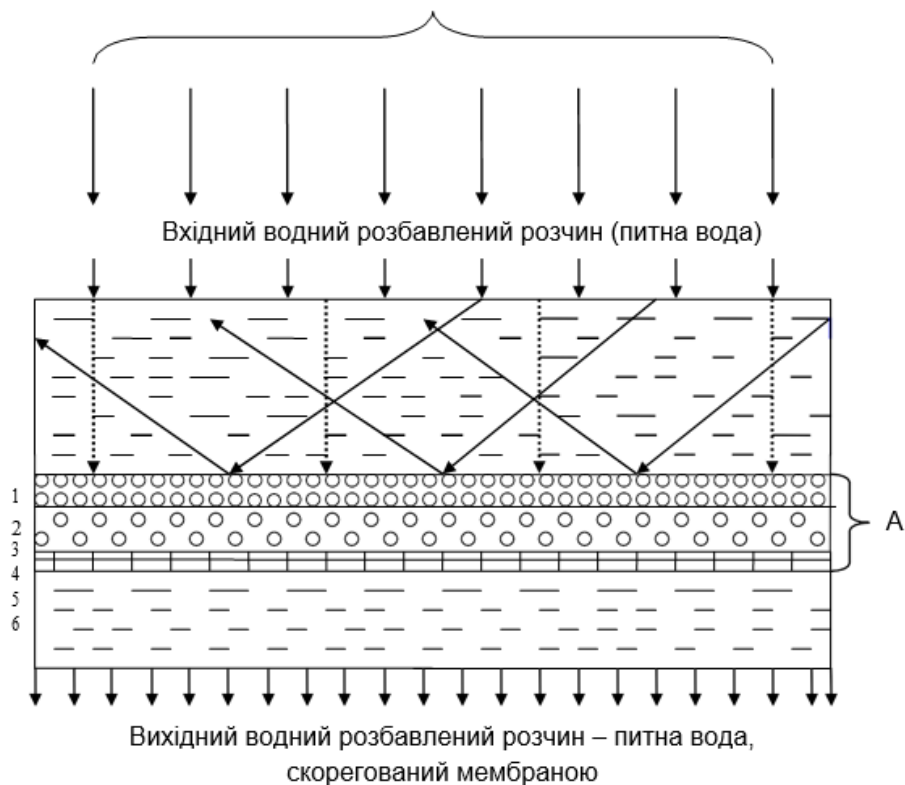
З метою вирішення цих складних проблем необхідно розв'язати наступні наукові задачі:

- розробка і створення типорозмірного ряду відповідних селективних мембран та розділення стадії зворотного осмосу на окремі функціональні етапи, в тому числі й етап, який забезпечував би рН водних розбавлених розчинів у межах  $7,7 - 8,3$ ;
- необхідний індивідуальний контроль параметрів розбавленого водного розчину – питної води: якісний із сигналами, наприклад, зелений – жовтий – червоний, або звернення до відповідних організацій, які б робили

аналізи і відповідні висновки у момент пуску баромембранної установки і в період її експлуатації;

- використовувати для корегування значень рН спеціальні фільтри з відповідними сорбентами;

При використанні сучасного обладнання і мембранної технології необхідно їх облаштовувати приладами для контролю значень концентрації фундаментальних компонентів і їх співвідношень ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), і, особливо, значення рН. При реалізації баромембранних процесів виявилася проблема вимивання органічних речовин із шарів мембрани в оброблюваний розбавлений водний розчин, що підтверджується підвищенням значення перманганатної окислюваності в перших пробах експериментів.



А - зовнішній чинник-мембрана. Корегування водного розбавленого розчину. 1 – 2 – селективна основа баромембранних процесів: 1 – поверхневий шар води, що втратила свою властивість розчинності; 2 – поліамідний шар з водою, що втратила свою властивість розчинності, в об'ємі мембрани. 3 – 4 – часткові процеси селективної основи баромембранних процесів. 4 – 6 – фільтраційна основа баромембранних процесів: 3 – шар полісульфону на поверхні підложки; 4 – шар полісульфону в об'ємі підложки; 5 – 6 – процес фільтрації і, як результат, вихід водного розбавленого розчину – питної води

**Рисунок 2.2–Механізм процесів у системі «вода джерел водопостачання – мембрана – водний розбавлений розчин (питна вода)»**

Таблиця 2.9 - Зміна показників води джерел водопостачання після системи ультратонкої очистки води

| Показники  | Водопровідна вода<br>мембрана Filmtec, тиск P=18<br>атм |               |                |                |                 |
|--|---|---------------|----------------|----------------|-----------------|
|  | Вихідна<br>вода   | Проби         |                |                |                 |
|  |   | 1             | 2              | 3              | 4               |
| Водневий показник рН   | 7,62  | 6,53          | 6,53           | 6,85           | 6,65            |
| $\text{HCO}^-$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )<br>3   | 161,0<br>(2,63)   | 48,8<br>(0,8) | 48,8<br>(0,8)  | 52,8<br>(0,86) | 61,0<br>(1,0)   |
| $\text{SO}^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )<br>4 | 110,4<br>(2,3)  | 83,2<br>(1,7) | 80,0<br>(1,6)  | 80,0<br>(1,6)  | 110,4<br>(2,3)  |
| $\text{Cl}^-$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )         | 32,0<br>(0,9)   | 14,2<br>(0,4) | 15,0<br>(0,42) | 15,0<br>(0,42) | 19,17<br>(0,54) |
| Жорсткість загальна, мг-<br>екв/дм <sup>3</sup>                      | 4,32  | 0,53          | 0,56           | 0,73           | 0,93            |
| $\text{Mg}^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )      | 12,64<br>(1,03)   | 4,0<br>(0,33) | 4,0<br>(0,33)  | 6,0<br>(0,5)   | 6,4<br>(0,53)   |
| $\text{Ca}^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )      | 65,7<br>(3,27)  | 4,0<br>(0,2)  | 4,6<br>(0,23)  | 4,6<br>(0,23)  | 8,0<br>(0,4)    |
| $\text{Fe}^{3+}$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )      | Відс.   | Відс.         | Відс.          | Відс.          | Відс.           |
| - 3 3<br>$\text{NO}_3^-$ , мг/дм (мг-екв/дм)                         | Відс.   | Відс.         | Відс.          | Відс.          | Відс.           |
| - 3 3<br>$\text{NO}_2^-$ , мг/дм (мг-екв/дм)                         | Відс.   | Відс.         | Відс.          | Відс.          | Відс.           |
| $\text{NH}^+$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг-екв/дм <sup>3</sup> )<br>4    | Відс.   | Відс.         | Відс.          | Відс.          | Відс.           |
| Окислюваність (КМпО <sub>4</sub> ),<br>мг/дм <sup>3</sup>            | 1,36  | 2,24          | 1,76           | 1,60           | 1,36            |
| Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>                                    | 301,2   | 129,8         | 128,0          | 132,0          | 174,5           |

Для вирішення цієї проблеми необхідно:

- в процесі створення і синтезу композитних полімерних мембран використовувати або синтезувати полімери, що мають високу стійкість до розчинення у воді;
- перед безпосереднім використанням мембрани в баромембранному процесі промити її водою з температурою 20 – 25 °С з паралельним контролюванням зниження концентрації речовин, які вимиваються з мембран, до допустимих значень – 4,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.



Підлягають контролю і причини нестаціонарної роботи апаратів, однією з яких може бути нерівномірність розподілу властивостей по поверхні мембранного полотна.

Вирішення цієї проблеми можливе тільки при вдосконаленні існуючих технологій виготовлення мембран і, особливо, створення мембран на основі нових полімерів, стійких до водних розчинів.

В результаті виконаних досліджень встановлено наступне.

Баромембранні процеси з початку їх виникнення використовувалися, в основному, для розділення, очистки речовин та обезсолювання води, тому подальший їх розвиток відбувався з урахуванням необхідності вирішення конкретних задач, розв'язанням яких стане створення типорозмірного ряду мембран. На основі цього повинна бути створена багатостадійна функціонально-поетапна технологія підготовки питної води, основними стадіями в якій є: стадія корегування неорганічного складу, стадія корегування органічного складу компонентів та стадія енергетичної і біологічної адаптації води до норм і значень показників, які відповідають якості питної води в сучасному її розумінні.

Суттєвим недоліком при використанні баромембранних процесів є те, що на сьогодні немає закінченої теорії цих процесів та механізмів їх протікання, що створює труднощі при їх розрахунках і використанні, особливо для складних сумішей і зміни концентрацій у широкому діапазоні, а для створення науково-технічних основ і аналізу баромембранних процесів, які протікають у всій області зміни основних параметрів (тиску, концентрації, якісного і кількісного складу), не існувало приладів і відповідних методик [9].

### 3 РОЗРОБЛЕННЯ ПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОРТАТИВНИХ ФІЛЬТРІВ УЛЬТРАТОНКОЇ ОЧИСТКИ

#### 3.1 Розрахункова методика визначення відповідності питної води існуючим нормам після доочистки з фільтром ультратонкої очистки

Розробу почнемо з встановлення матеріального балансу установки ультратонкої очистки, який виконаємо на прикладі системи зворотного осмосу за вихідними даними для розрахунку, що наведені нижче.

Загальний солевміст вхідної води,  $x_0 = 400$  мг/дм<sup>3</sup>. Продуктивність за очищеною водою,  $L_K = 16$  м<sup>3</sup>/год.

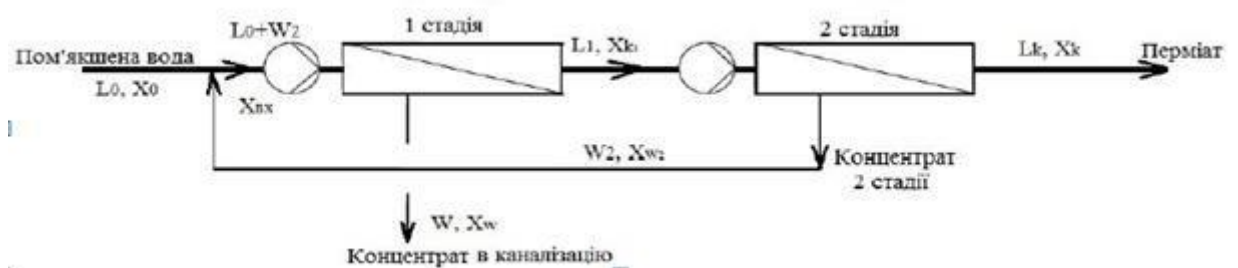
Витрати концентрату після 1 ступеня  $W$  (20% від  $L_{BK}$ ) = 4 м<sup>3</sup>/год. Витрата концентрату після 2 ступеня  $W_2$  (5% від  $L_{BK}$ ) = 0,8 м<sup>3</sup>/год. Солевміст концентрату після 1 ступені  $x_w = 1836$  мг/ дм<sup>3</sup>.

Солевміст перміату після 1 ступені  $x_{k1} = 39$  мг/ дм<sup>3</sup>. Солевміст концентрату після 2 ступені  $x_{w2} = 779,8$  мг/ дм<sup>3</sup>. Вихід перміату  $\alpha = 75$  % .

Селективність мембран:  $\varphi = 99$  %.

Вимоги до якості вихідної води після другого ступеню зворотного осмосу: електропровідність 4,3 мкСм\*см<sup>-1</sup> ( $x_K = 1,96$  мг/дм<sup>3</sup>).

Забезпечення підвищення ступеня очистки води у даній схемі досягається за рахунок того, що перміат, отриманий з другого ступеня зворотного осмосу, повертається на першу ступінь.



*Рисунок 3.1 – Схема двоступеневого зворотного осмосу з рециклом концентрату*

Складемо систему рівнянь:

$$L_{BX} * X_{BX} = W * X_w + L_1 * X_1 \quad (3.1)$$

$$L_{BX} * X_{BX} = W * X_w + L_k * X_k + W_2 * X_{w2} \quad (3.2)$$

$$L_{BX} * X_{BX} = L_0 * X_0 + W_2 * X_{w2} \quad (3.3)$$

Звідси знаходимо:

$$L_{BX} * X_{BX} = 16000 * 1,96 + 4000 * 1836 + 800 * 779,8 = 7\,999\,200 \text{ мг \textbackslash год}$$

Тоді з рівняння 3.3 випливає:

$$L_0 * X_0 = L_{BX} * X_{BX} - W_2 * X_{w2} = 7\,375\,360 \text{ мг \textbackslash год} \quad (3.4)$$

Тоді

$$L_0 = \frac{7375360}{400} = 18\,438,4 \text{ дм}^3 = 18,4384 \text{ м}^3$$

Після проведення розрахунків складається матеріальний баланс процесу очищення води за допомогою двоступеневої зворотноосмотичної установці. Дані заносяться в таблицю.

Таблиця 3.1- Матеріальний баланс за солевмістом

| Прихід        |        |     | Витрата                   |         |       |
|---------------|--------|-----|---------------------------|---------|-------|
| Точка         | г/год  | %   | Точка                     | г/год   | %     |
| Живильна вода | 7999,2 | 100 | Перміат                   | 31,360  | 0,39  |
|               |        |     | Концентрат після 2 ст. 3О | 623,840 | 7,798 |
|               |        |     | Концентрат після 1 ст. 3О | 7344    | 91,8  |
| Всього:       | 7999,2 | 100 | Всього:                   | 7999,2  | 100   |

Виконаємо розрахунок витратного коефіцієнту питної води, тобто скільки витрачається питної води на 1 м<sup>3</sup> очищеної води визначається згідно формул:

$$\beta_{\text{в.п.1}} = \frac{L_0}{L_k} \quad (3.5)$$

Тоді:

$$\beta_{\text{в.п.1}} = \frac{18,4384 * 24}{16 * 24} = 1,1524 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Визначається витратний коефіцієнт питної води на промивку механічних фільтрів:

$$\beta_{\text{в.п.2}} = \frac{n * L_{\text{пр}} * \tau * N}{L_k} \quad (3.6)$$

де  $L_{\text{пр}}$  – витрата води, яка потрібна на промивку одного фільтру, м<sup>3</sup>/год;  $n$  – це та кількість промивок, яка необхідна на добу;  $N$  – кількість механічних промивок;  $\tau$  – час промивки фільтру, год.

Тоді: .

$$\beta_{\text{в.п.2}} = \frac{1 * 250 * 0,1 * 2}{16 * 24} = 0,13 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Витратний коефіцієнт питної води для розведення концентрату після 1 ступеню зворотного осмосу для скидання у каналізацію знаходиться за формулою:

$$\beta_{\text{в.п.3}} = \frac{x_w * W - x_{\text{норм}} * W}{x_{\text{норм}} - x_0} * \frac{1}{L_k} \quad (3.7)$$

де  $x_{\text{норм}}$  – солевміст води, яку дозволено скидати у каналізацію, мг/м<sup>3</sup>.

Тоді: .

$$\beta_{\text{в.п.3}} = \frac{1836 * 384 - 1000 * 384}{1000 - 400} * \frac{1}{384} = 1,39 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

### **3.2 Розрахунок та вибір необхідного основного технологічного обладнання**

Обираючи мембрани потрібно пам'ятати про те, що вона повинна мати максимальну питому продуктивність при селективності, що забезпечує виконання вимог до якості перміату (відповідність санітарним). Обов'язково слід пам'ятати про те, що мембрана повинна володіти достатньо високою хімічною стійкістю по відношенню до розчину, який очищується, однак він не повинен містити вільний хлор та інші окиснювачі, адже саме через ці компоненти відбувається передчасне псування мембран. Пошкодження мембран в результаті дії окиснювачів не покривається гарантією мембран, тому виробник рекомендує усувати залишковий хлор на стадії попереднього очищення, до потрапляння на мембрани [28]. У промисловості, мембрани Фільмтек вже давно стали справжньою класикою і законодавцем якості і надійності. Це не дивно, адже фільтруючі елементи здатні очищати воду, усуваючи з неї 99,8 різних включень, включаючи механічні і біологічно суспензії. При цьому техніка від Filmtec максимально лояльна до споживача, і створена для тривалої безперервної роботи, у зв'язку з чим, промислові мембрани виробника мають збільшений ресурс служби, і можуть використовуватися навіть на «складних» виробництвах з великим оборотом технічної і надчистої води [3].

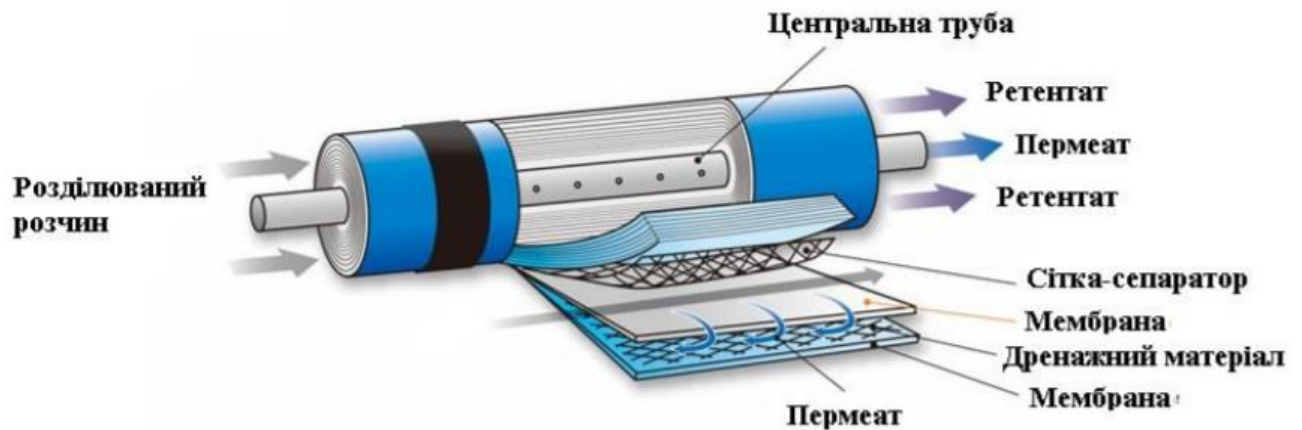
Dow™ Filmtec™ – високопродуктивний зворотноосматичний елемент (рисунок 3.2). Кращий вибір для отримання перміату найвищої якості. Використовується як в існуючих системах, так і при проектуванні нових, де важливі капітальні вкладення і продуктивність.

Основні переваги мембран Dow™ Filmtec™ :

- світовий стандарт очищення води – мембрана Dow™ Filmtec™ характеризується високою здатністю затримувати солі при низькому тиску.

автоматизоване високоточне виробництво мембран дозволяє отримувати елементи з максимальною активною площею.

- ефективне відмивання мембран в широкому інтервалі рН (1 – 12), надійність і тривалий термін [21].



**Рисунок 3.2 – Схема рулонованого мембранного модуля Dow™ Filmtec™**

Основні технологічні характеристики мембрани типу Dow™ Filmtec™:

- тип мембрани — поліамідна тонкоплівкова композитна.
- Номінальна активна площа мембрани, м<sup>2</sup> – 41.
- Максимальна робоча температура води, °С – 45.
- Максимальний робочий тиск, бар – 41.
- Максимальний перепад тиску, бар – 0,9.
- Селективність, % – 99,0.
- Діапазон рН, в режимі хімічної промивки 1 – 13.
- Продуктивність по перміату, м<sup>3</sup>/добу – 53.
- Максимальний індекс SDI – SDI<5.
- Діапазон рН, робочий режим – 2 – 11.
- Допустима кількість вільного хлору, мг/л < 0,1.

Розрахунок товщини мембранного пакету, м:

$$\delta_{\text{п}} = \delta_{\text{д}} + 2 * \delta_1 + 2 * \delta_2 \quad (3.8)$$

Де  $\delta_{\text{д}} = 0,1..0,5$  мм товщина дренажного матеріалу;  $\delta_1 = 0,1..0,4$  мм товщина підкладного матеріалу;  $\delta_2 = 0,1$  товщина мембрани, мм.

Приймається, що  $\delta_{\text{д}} = 0,4$  мм,  $\delta_1 = 0,4$  мм.

Тоді:  $\delta_{\text{п}} = 0,4 + 0,8 + 0,2 = 1,4$  мм.

Площа поверхні мембрани в одному елементі дорівнює, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{E}} = 2 * l_{\text{p}} * l_{\text{m}}, \quad (3.9)$$

де  $l_{\text{p}} = 0,4..1,8$  м – довжина мембранного пакету,  $l_{\text{m}} = 0,4..1$  м – робоча висота модуля

Обираємо  $l_{\text{p}} = 0,6$  м (дане значення підходить для мембран з високою проникністю),  $l_{\text{m}} = 0,5$  м.

$$F_{\text{E}} = 2 * 0,6 * 0,5 = 0,6 \text{ м}^2$$

Площа робочої поверхні мембран в одному елементі, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{m}} = n_{\text{E}} * F_{\text{E}}, \quad (3.10)$$

де  $n_{\text{E}} = 1..12$  - кількість сумісно навитих елементів у модулі, (будемо вважати, що  $n_{\text{E}} = 12$ ), тоді  $F_{\text{m}} = 12 * 0,6 = 7,2 \text{ м}^2$ .

Площа робочої поверхні мембран в одному апараті, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{a}} = n_{\text{m}} * F_{\text{m}} \quad (3.11)$$

Тоді:

$$F_{\text{a}} = 12 * 7,2 = 86,4 \text{ м}^2$$

Площа поперечного перерізу апарата, по якому проходить розчин, що розділяється:

$$S_{\text{c}} = n_{\text{E}} * l_{\text{p}} * \delta_{\text{с}}, \quad (3.12)$$

де  $\delta_{\text{с}} = 0,3..1,0$  мм - товщина сітки сепаратора ( вважатимемо 0,6 мм).

$$S_c = 12 * 0,6 * 0,6 * 10^{-3} = 4,32 * 10^{-3} \text{ м}^2$$

Площа поперечного перерізу апарата, зайнята пакетами мембран:

$$S_p = nE * l_p * \delta_p \quad (3.13)$$

Тоді:

$$S_p = 12 * 0,6 * 1,4 = 10,08 \text{ м}^2$$

### **3.1 Розрахунок відповідності очищеної води існуючим нормам питної води після доочистки побутової системою із застосуванням фільтру ультратонкої очистки**

Очищення води методом зворотного осмосу полягає в тому, що вихідну воду, яка пройшла попереднє очищення, під високим тиском подають на напівпроникну мембрану, яка ділить потік на два розчини з різними концентраціями. Молекули очищеної води під дією високого тиску проходячи через мембрани утворюється перміат, а молекули солі та інших забруднень затримуються, концентрат відводиться до каналізації.

Метод справді є дуже ефективним саме тому його широко застосовують у водопідготовці, однак він має ряд недоліків, одним з яких є флулінг, тобто процес обростання мембран біоплівкою. Відкладення кеку на поверхні мембран пов'язано з перенасиченням концентрату малорозчинних сполук в примембранному шарі. Існує три механізми запобігання росту кристалів малорозчинних солей – механізм комплексоутворення, механізм порогового ефекту, механізм деформації кристалів [30].

Видалення наростання за рахунок комплексоутворення типовий для комплексонів – органічних речовин, що утворюють розчинні у воді сполуки з катіонами. Кальцій з'єднуючись з комплексонами переводиться у розчинну форму і, таким чином, не відкладається на мембрані.



Суть порогового ефекту полягає в тому, що при введенні у воду інгібіторів, утворюється їх стійкі комплекси з іонами кальцію, які адсорбуються на поверхні зародка кристалу, а іон кальцію займає на поверхні кристалу положення, близьке до положення «нормального» іона. У результаті чого над поверхнею кристалу розташовуються молекули інгібітору, що і перешкоджає подальшому росту кристалу, а сам зародок будучи не стійким руйнується та розчиняється [30].

Процес деформації кристалів полягає в тому, що внаслідок адсорбції молекули інгібітору поверхнею кристалу, який вже виріс до відносно великих розмірів, процес росту кристалів змінюється [30]. У ході цих змін відбувається спотворення росту кристалу і накопичення надлишкової енергії, яка витрачається на процес деформації кристалічної решітки, зрештою, кристали руйнуються з утворенням великої кількості дрібних осколків.

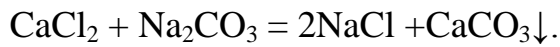
Отже, в схемі було обрано зворотноосмотична установка з мембранними елементами фірми Ecosoft FILMTEC™, Dow Chemical, USA. Даний тип мембран з високою активною площею в поєднанні з низьким робочим тиском мембрани дозволяє видаляти високий відсоток солей, нітратів, заліза та органічних сполук, таких як пестициди, гербіциди при низькому робочому тиску.

### **3.2 Розробка пропозицій та рекомендацій з впровадження подальшого удосконалення технології очищення питної води побутовими системами.**

Розглянемо можливі варіанти екологізації виробництва. Так, процес послідовного та поступового впровадження систем управлінських та технологічних та інших рішень. Вони дозволять підвищувати ефективність використання природних ресурсів і умов поряд з покращенням або збереженням якості природного середовища .

Регенерація Na-катионітових фільтрів здійснюється за допомогою 8%-го

розчину NaCl . Після усереднення концентрацій забруднюючих речовин (солей кальцію та натрію) здійснюється хімічна реакція за рахунок додавання кальцинованої соди у розрахунковій кількості :



Карбонат кальцію є практично нерозчинною речовиною, тому можна вважати, що він практично повністю переходить в осад. У результаті утворюються пластівці малорозчинного карбонату кальцію, які згодом видаляються методом відстоювання . Після чого розчин NaCl концентрується та іде на повторне використання, а саме для регенерації катіонітового фільтру. Більше того, за рахунок повторного використання у технологічному процесі промивних вод уникається забруднення водних об'єктів засоленими промивними водами після іонообмінних фільтрів .

ВО подається на другу стадію зворотного осмосу і ще раз очищується. Так як концентрат від другої стадії ЗО містить менше солі, то його можна змішати з поданою водою і тим самим повернути в систему, також повертаються назад в систему і промивні розчини для мембран після використання .

Шлами після процесів очищення (іонообмінні фільтри, зворотний осмос) можуть знайти своє застосування у виробництві цементу. Шлам містить цінні компоненти (насамперед залізо), утилізація яких економічно виправдана.

Охарактеризуємо розчини промивки мембран. Враховуючи дуже маленькі розміри пор мембран, найефективнішим методом очищення мембран від нагромадження шламу і повернення їх початкової пропускної здатності є хімічне промивання мембран. Зважаючи на особливості полімерних мембран, а саме їх високу чутливість до агресивних середовищ та концентрацій, промивка мембран зворотного осмосу відбувається 0,1%-им розчином гідроксиду натрію та 2%-им розчином цитратної кислоти.

Для регенерації ж керамічної мембрани обрано 1% суспензію частинок

глинозему та 0,5% розчин нітратної кислоти [8].

Розчини готуються в окремих баках-збірниках, звідки подаються на мембрани. Аби запобігти обростанню мембран в систему вводиться атискалант компанії ECOSOFT – ECOTEC RO 3010, який є потужним інгібітором карбонатних та сульфатних відкладень та зменшує загальне забруднення системи за рахунок впливу на неорганічні кристалоутворення. За рахунок чого позитивно впливає на економічність системи, так як знижує частоту хімічних промивок.

В Україні використовуються модулі на основі мембран з універсальною селективністю, що в процесі корегування складу питної води приводить до зміни співвідношення і концентрації фундаментальних її компонентів, зниження рН, нерівномірність розподілу властивостей мембран по всій поверхні. У процесі очищення концентрації  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  змінюються на значення, не рекомендовані для фізіологічної повноцінності людини. Величина рН знижується після мембрани до 6 – 6,6, замість нормативного 6,5 – 8,5. Для вдосконалення баромембранних методів при підготовці питної води, необхідно створення типорозмірного ряду мембран з вибірковою селективністю до окремих компонентів питної води чи їх груп. Перспективним є впровадження багатостадійної технології підготовки питної води, яка включає наступні стадії: видалення завислих та колоїдних частинок, етап корегування органічного і неорганічного складу води, етап впливу на воду енергетичних полів та природних мінералів, етап біологічної адаптації води до природних властивостей шляхом фільтрації через фільтр з іммобілізованими на його наповнювачах пробіотичними бактеріями.

## **4 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПОБУТОВОЇ СИСТЕМИ ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ**

На основі аналізу небезпечних та шкідливих факторів використання побутової системи ультратонкої очистки води, розроблено заходи для створення безпечних умов експлуатації системи та життя користувача. По черзі проаналізуємо чинники: шум та вібрацію, а також електробезпеку.

### **4.1 Шум та вібрація**

Насоси-дозатори та їх електродвигуни є основними джерелами створення шуму та вібрацій. Додатковий шум можуть створювати трубопроводи з великими швидкостями руху рідини.

Для зменшення рівня шуму апарати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, які складаються з еластичних патрубків на всмоктуючому та напірному трубопроводах. Також у комплектації існують джерела, що викликають вібрацію.

Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування спеціальних підкладок під устаткування, гумових та пружинних прокладок, нанесення на них вібропоглинаючих мастил, гуми, бітуму.

### **4.2 Електробезпека**

Комплектацією прийнято живлення електрообладнання від мережі змінного струму напругою 220 В. В розробці передбачено наступні технічні засоби захисту з метою дотримання правил електробезпеки:

- ізоляція електропроводки;
- занулення;
- знаки безпеки (нанесені безпосередньо на прилад).

Для забезпечення захисту людей від ураження електричним струмом також використовуються такі технічні способи та засоби як: захисне заземлення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, захисне відімкнення, блокування, засоби захисту та запобіжні пристрої

Захисне заземлення це - навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, що можуть опинитися під напругою. Заземлення здійснюється за допомогою природних, штучних або змішаних заземлювачів. Заземлення бувають виносні і контурні. В першому випадку заземлювачі розміщують на деякому віддаленні від обладнання, що заземлюється. Вони захищають за рахунок малого їх опору (максимальне значення опору заземлення 4 Ом). При контурному заземленні заземлювачі розміщують по контуру навколо заземленого обладнання на невеликій відстані один від одного.

В якості провідників для заземлення можуть бути використані металеві конструкції будівель, сталеві труби, сталеві оболонки кабелів, круглі провідники діаметром не менше 5 мм, голі мідні і алюмінієві провідники перерізом 4 і 6 мм<sup>2</sup>, жили кабелів перерізом для міді - 1 мм<sup>2</sup>, для алюмінію - 1,5 мм<sup>2</sup>, кутова сталь та ін. Вертикальні заземлювачі (довжиною 2,5-3 м) з'єднують сталюю шиною, яку приварюють до кожного заземлювача. Захисне заземлення необхідно періодично переглядати і ремонтувати.

Заземлення електроустановок необхідно виконувати у всіх випадках при напругах 500 В і вище, при напругах вище 42 В змінного струму і 110 В постійного струму - в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх електроустановках. Профілактичний огляд заземлених пристроїв виконують не рідше 1 разу в рік. При цьому перевіряють стан заземлювального пристрою, наявність кола між контуром заземлення і заземлювальними пристроями.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть опинитися під напругою (корпуси електроустановок, кабельні конструкції, сталеві труби

тощо). Занулення використовують при чотирьох провідній системі трьохфазного струму з глухо заземленою нейтраллю. Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання. Внаслідок цього спрацьовує максимальний струмовий захист (перегорає запобіжник), який відключає пошкоджену ділянку мережі. Для збільшення безпеки нульовий провід заземлюють в декількох точках. Можливе одночасне занулення і заземлення одного і того ж корпусу, але одночасне занулення одних і заземлення інших машин в одній і тій же мережі заборонено. Не потрібно додатково заземлювати занулені елементи електропристроїв. Заземлення і занулення забезпечують спрацювання приладів захисту, швидке автоматичне вимикання пошкодженої установки від мережі.

Захисне відімкнення - захист швидкої дії, що забезпечує автоматичне відімкнення електроустановки під час виникнення в ній небезпеки ураження людини струмом. Така небезпека може виникнути під час замикання фази на корпус, зниженні опору ізоляції мережі нижче відповідного рівня, а також у випадку дотику людини безпосередньо до струмоведучої частини, що знаходиться під струмом.

Для захисту від дотику до частин, що знаходяться під напругою, використовується ізоляція. Для захисту від дотику до частин, що знаходяться під напругою, використовується також подвійна ізоляція - електрична ізоляція, що складається з робочої та додаткової ізоляції. Перевірку ізоляції електроінструменту слід проводити мегаометром не рідше 1 разу в квартал, електропроводки - не рідше 1 разу в 3 роки

#### **4.3 Безпека технологічних процесів та обслуговування побутової системи ультратонкої очистки води**

Безпека експлуатації обладнання досягається системою організаційних і технічних засобів, які забезпечують безпеку в нормальному режимі роботи апаратури та в аварійному їх стані. Тиск в мембранному блоці

зворотноосмотичної установки складає 6 МПа. Тиск в технологічних трубопроводах та апаратах складає 0,6 МПа.

Продуктивність технологічної схеми по воді становить 7,5 м<sup>3</sup>/год. А отже, при прориві трубопроводів можливе затоплення квартири, що може призвести до короткого замикання та пожежі. В підлозі під приладом рекомендується встановлення решітки з відводом води до каналізації для уникнення цієї небезпеки.

#### **4.4 Пожежна безпека у побуті**

Насичення квартир різноманітними газовими, електропобутовими приладами і хімічними препаратами представляє значну небезпеку виникнення пожежі в квартирі у разі навіть найменшого порушення встановлених правил пожежної безпеки. В той же час досвід показує, що населення часто порушує ці правила, не приділяючи їм належної уваги або просто тому, що не знає їх. Це призводить до того, що у житлових будинках пожежі виникають значно частіше, ніж у громадських або виробничих будівлях. В'їжджаючи у квартиру або будинок, кожний мешканець бере на себе зобов'язання дотримуватись правил користування житловими приміщеннями, у тому числі виконувати правила пожежної безпеки. Але аналіз причин пожеж показує, що винуватцями більшості з них є самі мешканці, які зневажають елементарними правилами пожежної безпеки: необережно поводяться з вогнем під час паління, користування приладами освітлення з відкритим полум'ям (гасовими лампами, ліхтарями, свічками, факелами тощо), що особливо небезпечно для горищних приміщень, коридорів (сіней), комор і різних господарських будівель. Правила користування житловими приміщеннями забороняють захарашувати балкони, лоджії, прихожі, коридори, міжповерхові сходи і запасні виходи меблями або іншими предметами, однак це є найбільш поширеним порушенням, що допускається мешканцями житлових будинків.

Пожежі, викликані непогашеною цигаркою, є найбільш розповсюдженими. Більшість пожеж, спричинених курінням, пов'язана з курінням у нетверезому стані у ліжку. Всі випадки пожеж від куріння у ліжку схожі між собою: п'яна людина, яка палить, засинає, цигарка падає і від неї спочатку загоряється постіль, а потім меблі та інші речі у помешканні.

Не менш поширеною причиною пожеж є порушення правил користування електричними приладами. Аналіз таких пожеж показує, що вони відбуваються, в основному, з двох причин: порушення правил пожежної безпеки під час користування електропобутовими приладами і прихованої несправності цих приладів. Крім того, пожежі можуть виникати і від несправної електропроводки або неправильної експлуатації електромережі. Це може статися, наприклад, якщо в одну розетку включити декілька побутових приладів водночас. Виникає перевантаження, проводи можуть нагрітися, а ізоляція - спалахнути. Проводи миттю нагріваються до такої температури, що металічні жили плавляться, спостерігається інтенсивне виділення іскор і великої кількості тепла. Якщо в місці короткого замикання виявляться горючі матеріали і конструкції, вони миттю займаються. Тому необхідно стежити за справністю ізоляції проводів, не допускати кріплення їх цвяхами, які можуть порушити ізоляцію. Значну пожежну небезпеку являють собою також електричні лампи, оскільки поверхня скляної колби може нагріватися до температури 550°C. До небезпечних наслідків може призвести і поганий контакт цоколя лампи з пружиною патрона. У цьому випадку патрон сильно нагрівається, що призводить до пересихання ізоляції проводів, втрати ними ізоляційних властивостей і короткому замиканню. Основні запобіжні заходи і правила пожежної безпеки при експлуатації електричних та нагрівальних приладів, що використовуються у побуті, такі:

- нагрівальні прилади можна встановлювати тільки на негорючі підставки;
- забороняється залишати прилади, що включені, без нагляду;
- забороняється включати в одну розетку одночасно декілька приладів;



- необхідно спостерігати за щільністю контактів в місцях приєднання проводів приладів до вилки, клем між собою тощо;

- небезпечно замінювати запобіжники, що перегоріли, в телевізорах, приймачах і інших побутових приладах саморобними або плавкими запобіжниками;

- забороняється користуватися саморобними нагрівальними приладами.

Пам'ятайте: Дотримання правил безпеки життєдіяльності доступне кожному. Тож зробіть усе можливе, щоб зберегти життя та здоров'я своє та Ваших рідних і близьких.

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОБУТОВИХ СИСТЕМ ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ФІЛЬРОМ УЛЬТРАТОНКОЇ ОЧИСТКИ

Запропонована установка ультратонкої очистки працює під дією різних тисків води. Молекули очищеної води під дією високого тиску проходячи через мембрани утворюють перміат, а молекули солі та інших забруднень затримуються. Метод є ефективним з точки зору очистки ві сольових домішок, саме тому його широко застосовують у підготовці питної води.

У цьому розділі передбачається розрахунок витрат на експлуатацію та використання побутової системи ультратонкої очистки води з використанням мембрани типу Dow™ Filmtec™.

Для нормальної роботи запропонованого фільтру передбачено встановлення насосу (помпи) для підтримання постійного тиску що працює від електроенергії. Також необхідним є планова заміна фільтруючих елементів та обслуговування системи, котре необхідно виконувати в середньому 2 рази на рік з залученням стороннього спеціаліста (майстра з заміни).

### 5.1 Розрахунок кошторису обладнання на основі ультратонкої очистки на прикладі мембрани Dow™ Filmtec™

Кошторис обладнання розраховується за формулою [46]:

$$S_{об} = \sum C_{npi} * C_i (1 + T_T + T_C + T_H), \text{ грн} \quad (5.1)$$

де  $S_{об}$  - кошторис обладнання, грн.

$C_{npi}$  – кількість обладнання певного типу для виконання даної операції;

$C_i$  – балансова вартість одиниці обладнання для виконання даної операції, грн.

$T_m$  – коефіцієнт транспортних витрат;

$$T_m = 0,05;$$

$T_c$  – коефіцієнт, пов'язаний з купівлею обладнання;

$$T_c = 0,03;$$

$T_n$  – коефіцієнт, який розраховує витрати на монтаж і вивчення обладнання;

$$T_n = 0,2;$$

Перелік технологічного обладнання та його балансова вартість представлена в табл. 4.1.

Розраховуємо кошторис обладнання :

$$S_{об} = 1 * 4\,500 * (1 + 0,05 + 0,3 + 0,2) = 6975 \text{ грн}$$

Таблиця 5.1– Балансова вартість обладнання

| Назва обладнання | кількість, шт. | Оптова вартість, грн. |
|------------------|----------------|-----------------------|
| Dow™ Filmtec™    | 1              | 4 500                 |

## 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат в базовому варіанті

Річні витрати електроенергії становлять:

$$P_{об} = M_{об} * N_1 * N_3 * N_4 \text{ , Вт/рік} \quad (5.2)$$

де  $M_{об}$ - потужність помпи для подачі води, Вт / ч,  $M_{об} = 0,40$  кВт / год

$N_1$ -середня тривалість роботи очисного обладня,  $N_1 = 2.5$  годин,

$N_3$ - кількість днів у роботі (статистично працює кожного дня) ,  $N_3 = 30$ ,

$N_4$  - число місяців в році,  $N_4 = 12$ ,

$$P_{об} = M_{об} * N_1 * N_3 * N_4 = 0,40 * 2,5 * 30 * 12 = 360 \text{ кВт/рік.}$$

Витрати на оплату електроенергії складуть:

$$З_{э.} = P_{об} * C_e \text{ грн.}, \quad (5.3)$$

де  $C_e$  - вартість електроенергії, грн. / кВт.

$$Z_{\text{э.}} = P_{\text{об.}} \cdot C_e = 360 \cdot 1,8 = 648 \text{ грн./рік,}$$

Витрати на оплату робіт з обслуговування системи та заміни картриджів:

$$Z_{\text{о.т.}} = K_{\text{о.п.}} \cdot C_{\text{Т.з.п.}} \cdot N_{\text{з.}}, \quad \text{грн./рік} \quad (5.4)$$

Де  $K_{\text{о.п.}}$  - кількість обслуговуючого персоналу,  $K_{\text{з.п.}} = 1$  людина.

$C_{\text{Т.з.п.}}$  - оплата послуг з обслуговування за рік,  $C_{\text{Т.з.п.}} = 1000$  грн.

$$Z_{\text{от.}} = K_{\text{о.п.}} \cdot C_{\text{Т.з.п.}} \cdot N_{\text{з.}} = 1 \cdot 1,0 = 1000 \text{ грн. /рік.}$$

Витрати на розхідні матеріали, необхідні для обслуговування установки ультра тонкої очистки розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{в}} = C_e \cdot C_{\text{при}} \cdot Q_{\text{в}}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

$C_{\text{в}}$  - витрати на змінні картриджі, грн .;

$C_e$  – середня ціна 1го комплекту картриджів, грн .;

$C_e = 610$  грн .;

$C_{\text{при}}$  - кількість обов'язкових замін за рік;

$C_{\text{при}} = 2$  шт .;

Загальні витрати на змінні картриджі за рік:

$$C_{\text{в}} = 610 \cdot 2 = 1220 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на доочистку питної води побутовою установкою ультратонкої очистки складуть:

$$Z_{\text{експл.}} = Z_{\text{э.}} + Z_{\text{о.т.}} + C_{\text{в}} \text{ грн./рік} \quad (5.6)$$

$$Z_{\text{експл.}} = 648 + 1000 + 1220 = 2868 \text{ грн./рік.}$$

### 5.3 Витрати користувача при використанні побутової системи ультратонкої очистки води

Витрати користувача на дочистку питної води наведені у таблиці 4.2

Таблиця 5.2 - Витрати користувача на встановлення і експлуатацію побутової установки ультратонкої очистки води

| №  | Статті витрат                                       | Сума, грн. |
|----|---|------------|
| 1. | Кошторис обладнання (одноразово)                    | 6 975      |
| 2. | Оплату робіт з обслуговування системи (за рік)      | 1000       |
| 3. | Витрати на використання змінних картриджів (за рік) | 1220       |
| 4. | Витрати на електроенергію (за рік)                  | 648        |
| 5. | Експлуатаційні витрати (за рік)                     | 2868       |

Побутова установка ультратонкої очистки води знезаражує максимально 180 м<sup>3</sup> / добу води. Проте в середньому звичайному користувачеві достатньо 15 м<sup>3</sup> / добу, для задоволення потреб, тому розрахунки проводились базуючись на цих даних. Значить, в рік середній користувач використовує 5 475 м<sup>3</sup> для питних цілей.

Таким чином собівартість отриманої води 1 м<sup>3</sup> = 0,5 грн.

### 5.4 Економічне обґрунтування ефективності впровадження побутової ультратонкої очистки води

$$P=C_d [44]$$

C<sub>d</sub> - собівартість очищення 1 м<sup>3</sup> води на побутовій системі ультратонкої очистки;

$$P=0,5 \text{ грн.}$$

Таким чином, впровадження запропонованої побутової системи ультратонкої очистки питної води буде більш економічно вигідно ніж використання альтернативних джерел питної води (де собівартість становить  $1\text{м}^3 = 2,36$  грн в середньому, якщо розглядати бутильвону воду). Попри це необхідно звернути увагу на соціально-екологічний ефект від впровадження запропонованої системи, яка дозволяє поліпшити стан питної води та здоров'я населення в цілому.

Для здешевлення технології знезараження води за допомогою побутової установки ультратонкої очистки необхідно зменшити вартість електроенергії, що можливо зробити за рахунок використання альтернативних видів електроенергії.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання розділів кваліфікаційної роботи магістра, відповідно до поставленої мети і задач, були отримані наступні результати:

Показано, що одним із найважливіших і актуальних проблемних задач сьогодення є забезпечення населення питною водою нормативної якості, оскільки водопровідні системи старіють та збішується негативний вплив найбільш поширених у воді екологічно небезпечних компонентів як на організм людини та і на довкілля.

Проаналізовано і показано, що надлишкове залізо, марганець, солі натрію у питній воді негативно впливають на організм людини, а також посилюють корозію металів, негативно впливаючи на водопровідні мережі та надають питній воді неприємного присмаку.

Для нормалізації складу води, як в умовах централізованої водопідготовки та, зокрема, в домашніх умовах, обгрунтовується очистка води на мембранних фільтрах. Причому серед технологічних стадій підготовки питної води на першому місці стоїть процес мікрофільтрації за допомогою якого з води видаляються крупні колоїдні частинки розмірами 0,02... 10 мкм. та який пропонується нами для застосування в домашніх системах доочищення водопровідної води.

Встановлено, що використання фільтра ультратонкої очистки при очищенні підземної води з вихідним вмістом солей 2035 мг/дм<sup>3</sup> і фторид-іону 13,5 мг/дм<sup>3</sup> призводить до зниження цих параметрів відповідно до 230 мг/дм<sup>3</sup> та 0,7 мг/дм<sup>3</sup> і отримання питної води необхідної нормативної якості. Причому процес дозволяє відділити не тільки двовалентні іони (Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> та ін.), але й забезпечити при оптимальному тискові селективне розділення іонів однакової валентності, не знесолюючи воду повністю.

Проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори життєдіяльності при застосуванні побутової системи доочищення питної води, зокрема, шума та вібрації, а також електробезпеки.

Широке впровадження в домашніх системах доочистки води запропонованої технології забезпечує відносно малі експлуатаційні витрати та досить низьку їх вартість з відносно довгій тривалості (5–6 років) служби мембранних матеріалів, а також компактність, надійність, простоту обслуговування.

Ефективність, або експлуатаційні властивості ультра тонкої мембрани забезпечується її селективністю й об'ємним потоком через мембрану (тобто питомою продуктивністю), яка в домашніх системах доочистки питної води наближається до максимального рівня (99,9 %) для будь-якого з розглянутих різновидів забруднювачів.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гапула О.В. Безпека життєдіяльності та проблеми і задачі забезпечення людини питною водою / О.В. Гапула, М.В. Камченко, О.П. Величенко, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2008. – № 10. – С. 19– 24.
2. Камченко М.В.<sup>1</sup> Осмотичні процеси як основа підготовки питної води заданої якості / М.В. Камченко / Підвищення ефективності використання водних, теплових та енергетичних ресурсів та охорона навколишнього середовища: міжнародна науково- практична конференція молодих вчених і студентів: тези допов. – Київ, 2008. – С. 35 – 37
3. Камченко М.В. Дослідження процесів в системі «напівпроникна мембрана - розчин» в технології підготовки питної води / М.В. Камченко, О.В. Гапула, О.П. Величенко, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2007. – № 9. – С. 42 – 48
4. С.В. Костюченко, С.В. Волков, А.В. Якименко и др., Водоснабжение и санитарная техника, №2, 9-12 (2000).
5. Серія видань «Світ сучасної водопідготовки». Методи та матеріали. За редакцією д.т.н. Мітченко Т.Є. – Видавець ВУВТ WATERNET: Київ, 2019
6. Мембрани зворотного осмосу Filmtec URL: <http://filter-ua.com.ua/membrany-obratnogo-osmosa-bytovye-filmtec/>
7. Світ сучасної водопідготовки. д.н.т. Мітченко Т. Є., к.н.т. Пономарьов В. Л., к.н.т. Макарова Н.В.
8. ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ НОРМИ ТА ПРАВИЛА "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10)
9. Вода питна. Вимоги та методи контролю якості. ДСТУ 7525:2014 URL: [file:///C:/Users/Man/Downloads/dstu\\_75252014\\_voda\\_pitna\\_vimogi\\_ta\\_metodi\\_kontroliuvannia\\_ia.pdf](file:///C:/Users/Man/Downloads/dstu_75252014_voda_pitna_vimogi_ta_metodi_kontroliuvannia_ia.pdf)

10. Прокопов В.О. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури) / В.О. Прокопов, О.Б. Липовецька // Гігієна населених місць. – Вип.59. – 2012. – С. 63-74.
11. Прокопов В.О. Доочистка водопровідної питної води – актуальна проблема сьогодення / В.О. Прокопов, О.М. Кузьмінець, Н. . Сахно та інші // Актуальні питання гігієни та еколо-гічної безпеки України: зб. тез доп. наук.-практ. конф. – Київ, – 2010. – С. 117-118.
12. Стрикаленко Т.В. Дополнительная очистка водопроводной воды: альтернатива или до-полнение централизованному водоснабжению? (позиция гигиениста) / Т.В. Стрикаленко // Водопостачання та водовідведення. – 2009. – №5. – С. 28-34
13. Псахис Б.И. Доочистка водопроводной воды – будущее водоснабжения / Б.И. Псахис // Матеріали наук.-практ.конференції «IV Міжнародний Водний Форум «Аква-Україна 2006». – Київ, 2006. – С. 236-238.
14. Современные системы очистки питьевой воды / А.А. Поворов, Н.В. Корнилова, Н.А. Ши-ненкова, О.Ю. Логунов // Водоснабжение и канализация. – 2009. – №5-6. – С. 130-134.
15. Первов А.Г. Новейшие технологии подготовки воды в централизованном водоснабжении на основе мембранных технологий / А.Г. Первов, Ю.В. Павлов, Г.Г. Жабин // Сантехника.2003. – №1. – С. 21-24
16. Прокопов В.О. Сравнительная гигиеническая оценка устройств по доочистке водопро-водной воды в быту / В.О. Прокопов, И.А. Тетенева, Э.Д. Мактаз и др. // Актуальные во-просы гигиены окружающей среды: сб. научных трудов. – 1995. – Вып.1. – С.143-147.
17. Прокопов В.О. Наукове обґрунтування використання нових фільтрів для покращання якості питної води / В.О. Прокопов, Н.В. Миронець, Г.В. Чичковська та інші // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України: зб. тез доп. наук.-практ. конф. – Київ, 2005. – С. 56-57.
18. Брик М.Т. Питна вода і мембранні технології (огляд) / М.Т. Брик // Наукові записки. – Т.18. – 2000. – С. 4-24

19. Прокопов В.О. Гигиеническая оценка новых водоочистительных систем модульного типа для доочистки питьевой воды / В.О. Прокопов, Н.В. Миронец, Э.Д. Мактаз, С.Б. Тарабарова и др. / Гигиена населенных мест. – 1999. – №35. – С. 115-119
20. Прокопов В.О. Гігієнічна оцінка водоочисника нового покоління «Аквілегія», що пропонується для доочищення водопровідної води / В.О. Прокопов, С.В. Гуленко, О.Б. Липовецька та інші // Водопостачання та водовідведення. – 2012. – №3. – С. 31-34.
21. Гончарук В.В. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды / В.В. Гончарук, В.Н. Смирнов, А.В. Сыроешкин, В.В. Марьяренко // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 3–17.
22. Успенская Е.В. Изучение структуры воды на субмолекулярном уровне для разработки новых методов стандартизации и контроля качества минеральных вод и жидких лекарственных форм: Дисс... кандидата хим. наук: 15.00.02 / Успенская Елена Валерьевна / Москва, 2007. – 150 с.
23. Смирнов А.Н. Структура воды: гигантские гетерофазные кластеры воды / А.Н. Смирнов, В.Б. Лапшин, А.В. Балышев, И.М. Лебедев, В.В. Гончарук, А.В. Сыроешкин // Химия и технология воды. – 2005. – № 2. – С. 11–37.
24. Кравченко М.В. Баромембранні процеси при підготовці питної води (аналіз гіпотез і механізмів) / М.В. Кравченко, О.В. Гапула, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2008. – № 11. – С. 12–24.
25. Пат. 93623 України, МПК G01N13/04. Прилад для наукових досліджень та визначення технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода» / Я.М. Заграй, М.В. Кравченко, О.В. Гапула – № а200913375; заявл. 23.12.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. №4.
26. Камченко М.В. Дослідження процесів в системі «напівпроникна мембрана - розчин» в технології підготовки питної води / М.В. Камченко, О.В.

Гапула, О.П. Величенко, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2007. – № 9. – С. 42–48.

27. Симонов И.Н. Самосогласованные ионные системы / И.Н Симонов, Я.М. Заграй. – Киев: «Вища школа», 1992. – 120 с.

28. Симонов І.М. Континуальна теорія поля і фізико-хімія багатоконпонентних систем / І.М. Симонов, Я.М. Заграй // Вісті Академії інженерних наук України. – 1994 р. - №2. – С. 113–128.

29. Гороновский И.Т. Краткий справочник по химии / И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – Киев, 1987. – 833 с.

30. Єзловецька І. С. Екологічна оцінка якості води поверхневих джерел для удосконалення технології водопідготовки: автореф. дис. ... канд. с-гос. наук / Національний інститут біоресурсів та природокористування України. Київ, 2010. 25 с

31. Корабльова А. І., Шматков Г. Г., Наривська Ю. А. Забруднення дніпровської води органічними речовинами на верхній ділянці Запорізького водосховища і його екологічні наслідки: зб. тез доп. XV міжнар. наук.-тех. конф. // Проблеми екологічної безпеки. Кременчук, 2017. С. 41.

32. Липовецька О. Б. Вплив довготривалого споживання некондиційної за мінеральним складом питної води на формування неінфекційної захворюваності населення та розробка профілактичних заходів: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Київ, 2016. 21 с.



**«Молодь: наука та інновації»**  
Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної  
конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.  
Секція 10 – «Екологічні проблеми регіонів».  
Дніпро, 25 листопада – 27 листопада 2020 року

Дніпро  
2020

*ТОМ 10 – ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РЕГІОНУ (25 листопада – 27 листопада 2020 року)*

Молодь: наука та інновації: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 25 листопада – 27 листопада 2020 року). – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Т.10. – 224 с.

В збірнику наведено матеріали секції 10 «Екологічні проблеми регіонів» Сьомої Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Молодь: наука та інновації», що проходила 25-27 листопада 2020 року в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро).

Збірник призначений для науково-технічних працівників, викладачів та вчених закладів вищої освіти, аспірантів, студентів.

Матеріали в збірнику друкуються мовою оригіналу в редакції авторів.  
Комп'ютерна верстка та коректура: Павличенко А.В.

10-2

УДК 504.064

Куриленко Л.О., студентка-магістр, гр.183м-19з-1 ІІІ

Науковий керівник: Колесник В.Е., д.т.н., професор кафедри екології та ТЗНС  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна**ДООЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ У ПОБУТОВИХ СИСТЕМАХ ФІЛЬТРІВ УЛЬТРАТОНКОЇ ОЧИСТКИ**

Одним із найважливіших і актуальних проблемних задач сьогодення є забезпечення населення питною водою нормативної якості, оскільки водопровідні системи старіють та збільшується негативний вплив найбільш поширених у воді екологічно небезпечних компонентів як на організм людини та і на довкілля.

Нами проаналізовано і показано, що надлишкове залізо накопичується в організмі людини і руйнує печінку, імунну систему, збільшує ризик інших захворювань. Марганець зазвичай знаходять у воді, що містить залізо. Надлишок марганцю теж небезпечний: його накопичення в організмі може призвести до захворювання нервового характеру, а також разом з залізом до забруднення ґрунтів і поверхневих водойм. Солі натрію, які присутні у всій природній воді, хоча і не утворюють ні накипу при кип'ятінні, ні осаду в суміші з милом, але їх високі концентрації посилюють корозію металів, негативно впливаючи на водопровідні мережі та можуть надавати питній воді неприємного присмаку, тобто погіршують її органолептичні властивості, що також нормуються. Наявність у воді нітратів вказує на те, що вона забруднена органічними речовинами. Навіть незначна концентрація нітратів 10-20 мг/л може викликати серйозні захворювання. Присутність фтору у воді може бути як корисною, так і шкідливою, в залежності від концентрації. Так, його концентрація у питній воді близько 1 мг/л зменшує можливість виникнення карієсу, а більше 4 мг/л спричиняє серйозні захворювання кістково-опорного апарату людини.

Для нормалізації складу води як в умовах централізованої водопідготовки та, зокрема, в домашніх умовах, нами пропонуються процеси мембранної водоочистки. Раніше вони практично не застосовувалися для очищення природних та підземних вод через високі експлуатаційні витрати. Але внаслідок підвищення вимог до якості питної води, а також погіршення її якості із-за застарілих систем водопостачання, зацікавленість до використання мембранних фільтрів зростає.

До основних мембранних методів розділення та очистки екологічно небезпечних речовин, що містяться у воді відносяться зворотний осмос, нано-, ультра- мікрофільтрація. За ефективністю очистки мембранні системи сьогодні не мають собі рівних. Так при їх застосуванні рівень видалення забруднювачів сягає практично 97...99,9 % для будь-якого з їх різновидів.

Серед технологічних стадій підготовки питної води на першому місці стоїть процес мікрофільтрації за допомогою якого з води видаляються крупні колоїдні частинки розмірами 0,02...10 мкм. та який пропонується нами для застосування в домашніх системах доочищення водопровідної води. Сема такого фільтру наведена на рис. 1.

Фільтри ультратонкої очистки належать до, так званих баромембранних методів, в яких використовують напівпроникні мембрани, а процес очищення відбувається під дією тиску води, що перевищує осмотичний тиск розчинів. Процес мікрофільтрації проходить під дією різниці тисків з обох боків мембрани. Мікрофільтрацію проводять при порівняно малих робочих тисках (рівня десятих і сотих частин МПа), що саме важливо для малогабаритних домашніх систем водоочистки, які не потребують високої продуктивності.

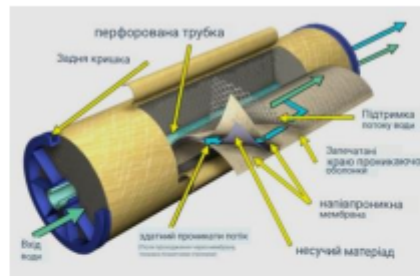


Рисунок 1 – Схематичне зображення фільтра ультрафільтрації

Фільтри ультрафільтрації не пропускають частинки та розчинені речовини розміром понад 2 нм, при цьому вони краще затримують двозарядні, ніж однозарядні іони. В цих процесах використовують в основному асиметричні мембрани, де тонкий відносно щільний верхній шар завтовшки 0,1–1,0 мкм нанесений на підкладку з поруватою структурою (50–150 мкм). Оскільки гідравлічний опір практично повністю локалізований у верхньому шарі, потік через такі мембрани обернено пропорційний його товщині. Фільтри ультрафільтрації, які характеризуються відносно невеликою затримувальною здатністю по відношенню до одновалентних іонів, можуть успішно застосовуватись для очищення води від фторидів, заліза, сульфатів та інших хімічних елементів, ефективно знижуючи їх кількість.

Слід зазначити на ефективність очищення води впливає не тільки тиск, а й величини конверсії (відношення потоку пермеату до вихідних витрат води), іонні сили, проникність мембран, що в кінцевому результаті визначають коефіцієнт затримання  $F^-$ -іонів при нанофільтраційному очищенні природних вод.

Проведений аналіз впливу тиску води у фільтрі в інтервалі 0,2–1,3 МПа на коефіцієнт затримання різних аніонів однієї валентності ( $F^-$ ,  $Cl^-$  і їх суміші) при використанні мембрани показав, що мінімальна кількість фторид-іонів в очищеній воді (пермеаті) спостерігається саме при низькому тиску (0,2–0,4 МПа). Підвищення ж тиску збільшує ефект затримання іонів більшого радіусу ( $Cl^-$ ,  $I^-$ ), причому вихід пермеату із зростанням тиску підвищується більше для розчинів, які містять йодид, ніж для фторовмісних вод, що свідчить про різні величини їх осмотичного тиску.

Підвищення конверсії призводить до зниження затримання всіх аніонів. Використання фільтра ультрафільтрації при очищенні підземної води з вихідним вмістом солей 2035 мг/дм<sup>3</sup> і фторид-іону 13,5 мг/дм<sup>3</sup> призводить до зниження цих параметрів відповідно до 230 мг/дм<sup>3</sup> та 0,7 мг/дм<sup>3</sup> і отримання питної води необхідної нормативної якості. Причому процес очищення фільтром ультрафільтрації конкурентоздатний, оскільки може відділити не тільки двовалентні іони ( $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  та ін.), але й забезпечити при оптимальному тиску селективне розділення іонів однакової валентності, не знесолуючи воду повністю.

До переваг запропонованої до широкого впровадження в домашніх системах доочистки води технології слід віднести відносно малі експлуатаційні витрати та досить низьку їх вартість з відносно довгій тривалістю (5–6 років) служби мембранних матеріалів, а також компактність, надійність, простоту обслуговування.

Ефективність, або експлуатаційні властивості мембрани визначаються двома параметрами, а саме: її селективністю й об'ємним потоком через мембрану (тобто питомою продуктивністю), яка в домашніх системах доочистки питної води наближається до максимального рівня (99,9 %) для будь-якого з розглянутих різновидів забруднювачів.



**ВІДГУК КЕРІВНИКА**

на дипломну роботу магістра Куриленко Людмила Олексіївна, студентка групи 183м-19з-1 ІІІ, на тему «Підвищення ефективності побутових систем доочищення питної води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки»

Кваліфікаційна робота Куриленко Л.О присвячена підвищенню ефективності побутових систем доочищення питної води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки.

Для вирішення поставлених завдань Куриленко Л.О. виконала: науковий пошук за літературними джерелами стосовно ситуації забруднення питної води в системі комунального водопостачання; теоретичний аналіз основних існуючих технологій очищення води на водоканалах та в побутових умовах; обґрунтувала доцільність впровадження побутової системи доочищення питної води із застосуванням портативних фільтрів ультратонкої очистки.

Новизна і практична цінність дипломної роботи полягає у визначенні джерел екологічно небезпечного забруднення вод, котрі використовуються для водопостачання, а також в обґрунтуванні параметрів і ефективності запропонованої системи очистки води на основі ультратонкої фільтрації.

Куриленко Л.О. проаналізувала шкідливі побутові фактори, а також запропонувала заходи щодо забезпечення безпечної життєдіяльності при застосуванні побутової системи доочищення питної води, а також надала оцінку економічної ефективності запропонованого технічного рішення.

В цілому, робота Куриленко Л.О оформлена відповідно до діючих стандартів, відповідає спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Заслуговує оцінки – «відмінно»

Керівник кваліфікаційної роботи, д.т.н.,  
проф. кафедри екології та ТЗНС НТУ ДП,

В.Є. Колесник

**РЕЦЕНЗІЯ**

*на кваліфікаційну роботу магістра Куриленко Людмили Олексіївни, ст.. групи 183м-19з-1 ІІІ, на тему «Підвищення ефективності побутових систем доочищення питної води на основі застосування фільтрів ультратонкої очистки»*

Кваліфікаційна робота виконана відповідно до завдання, відповідає темі дослідження. Обсяг пояснювальної записки відповідає поставленим вимогам.

Актуальність теми обумовлена тим, що екологічний стан водного басейну, зокрема в Дніпропетровській області, не відповідає потребам водокористування, що відбивається на якості питної води у населення.

В результаті аналізу було встановлено, що для поліпшення якості води необхідно впровадити комплекс заходів, направлених на вдосконалення системи водозабору, оновлення стандартів питної води, покращення технології водоочистки на водоканалах та в домашніх умовах.

Куриленко Л.О. провела теоретичний аналіз методів і засобів покращення якості питної води на прикладі використання побутової системи ультратонкої очистки води, та обґрунтувала параметри запропонованої побутової системи ультратонкої очистки води.

Робота виконана на досить високому науковому і методичному рівнях.

Достовірність наукових положень підтверджується використанням типових методів аналізу та лабораторних випробувань.

Стиль написання дипломної роботи досить чіткий. Оформлення відповідає вимогам стандартів.

Дипломна робота має практичну значимість та заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент, директор

«Компанії по очистці води -

ФОП Рудніцька Ю.О»

Ю.О Рудніцька

## ДОВІДКА

про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра  
на присутність запозичень (плагіату)

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Авторка роботи                      | Куриленко Людмила Олексіївна  |
| ЗВО                                 | Національний технічний університет<br>«Дніпровська політехніка»   |
| Інститут, факультет, кафедра, група | Інститут природокористування,<br>кафедра екології та технологій захисту<br>навколишнього середовища,<br>183м-19з-1 ІІІ        |
| Тема кваліфікаційної роботи         | Підвищення ефективності побутових<br>систем доочищення питної води на<br>основі застосування фільтрів<br>ультратонкої очистки |
| Результати перевірки                |   |
| Запозичення (плагіат), %            |   |
| Оригінальність, %                   |   |
| Модуль пошуку                       |   |

Роботу перевірів:  
професор кафедри  
екології та технологій захисту  
навколишнього середовища

В.Є. Колесник

