

Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”  
Хіміко-технологічний факультет  
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення  
та загальної хімічної технології

"На правах рукопису"

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

в/о завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Толстопалова Н.М.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення  
на тему: Підвищення ефективності роботи сорбційних картриджів для  
доочищення питної води

Виконав студент групи ХН – 81мп Большак Анна Павлівна

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батько)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Мітченко Т. Є.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти:

з економіко-організаційних рішень доц., к.т.н. Підлісна О.А.

(назва розділу МД)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

з охорони праці

(назва розділу МД)

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2019

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Факультет хіміко-технологічний

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної  
хімічної технології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною  
програмою

Спеціальність (спеціалізація) 161 Хімічні технології та інженерія (Хімічні  
технології неорганічних речовин та водоочищення) \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. Завідувача кафедри ТНР, В та ЗХТ

\_\_\_\_\_ Толстопалова Н.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Большак Анні Павлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Підвищення ефективності роботи сорбційних картриджів для  
доочищення питної води.

науковий керівник дисертації Мітченко Тетяна Євгенівна д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

3. Об'єкт дослідження – процес розробки картриджу для фільтр-гелечика з  
найкращими властивостями і перевірка його ефективності при доочищенні  
водопровідної води від хлору, іонів твердості та органічних сполук.

4. Предмет дослідження – промислові картриджі для фільтр-гличиків; складові завантаження експериментальних картриджів: слабокислотний катіоніт, кокосове активоване вугілля, поліпропіленовий інертний матеріал, матеріали дренажної системи; модель водопровідної води з вмістом хлору 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Порівняльна оцінка складу завантаження і фільтруючих властивостей картриджів для фільтр-гличиків, що промислово випускаються. Визначення основних факторів, що впливають на ефективність роботи сорбційних картриджів та сформулювати вимоги до картриджу з оптимальними властивостями. Розробка картриджу з оптимальними властивостями та дослідження його ефективності
6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу: презентація, що містить результати та обговорення експериментальних досліджень.
7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 тези доповідей на міжнародній конференції, 1 стаття у журналі.
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічний	Підлісна О.А.		
Охорона праці	Полукаров Ю.О.		

9. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд літератури		
2.	Дослідження фізико-хімічного складу промислових картриджів для фільтр-геліків		
3.	Визначення ефективності очищення води на промислових картриджах для фільтр-геліків		
4.	Розробка експериментальних картриджів з покращеними властивостями		
5.	Перевірка ефективності очищення води на отриманих експериментальних картриджах		
6.	Обробка отриманих результатів		
7.	Оформлення результатів		

Студент \_\_\_\_\_ Большак А.П.

( підпис )

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник роботи \_\_\_\_\_ Мітченко Т.Є.

( підпис )

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 стор.; 32 рис.; 28 табл.; 2 додатки; 19 посилань.

Об'єкт дослідження – процес розробки картриджу для фільтр-гечика з найкращими властивостями і перевірка його ефективності при доочищенні водопровідної води від хлору, іонів твердості та органічних сполук.

Предмет дослідження – промислові картриджі для фільтр-гечиків; складові завантаження експериментальних картриджів: слабокислотний катіоніт, кокосове активоване вугілля, поліпропіленовий інертний матеріал, матеріали дренажної системи; модель водопровідної води з вмістом хлору 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Мета дослідження – порівняльна оцінка роботи картриджів для фільтр-гечиків, що промислово випускаються, і пошук шляхів підвищення їх ефективності.

Задачі дослідження – провести порівняльну оцінку складу завантаження і фільтруючих властивостей картриджів для фільтр-гечиків, що промислово випускаються; визначити основні фактори, що впливають на ефективність роботи сорбційних картриджів та сформулювати вимоги до картриджу з оптимальними властивостями; розробити картридж з оптимальними властивостями та дослідити його ефективність.

Новизна роботи – розроблено новий картридж з покращеними властивостями для доочищення води на побутових фільтр-гечиках.

ФІЛЬТР-ГЛЕЧИК, КАРТРИДЖ, СЛАБОКИСЛОТНИЙ КАТІОНІТ, КОКОСОВЕ АКТИВОВАНЕ ВУГІЛЛЯ, ІНЕРТНИЙ МАТЕРІАЛ, ХЛОР, ТВЕРДІСТЬ ВОДИ, ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

## **ABSTRACT**

Explanatory Note: 97 pages .; 32 fig .; 28 tables; 2 applications; 19 links.

The object of the study is the process of designing a cartridge for a pitcher-filter with the best properties and testing its effectiveness in the purification of tap water from chlorine, hardness ions and organic compounds.

Subject of research - industrial cartridges for filter jugs; loading components of experimental cartridges: low acid cation exchanger, coconut activated carbon, polypropylene inert material, drainage system materials; model of tap water with chlorine content of 0.5 mg/dm<sup>3</sup>.

The purpose of the study is to benchmark the performance of cartridges for commercially available filter pitchers and to find ways to improve their efficiency.

The objectives of the study - to make a comparative assessment of the composition of the loading and filtering properties of cartridges for filter jugs produced commercially; identify major factors that affect the performance of sorption cartridges and formulate requirements for a cartridge with optimal properties; to develop a cartridge with optimal properties and to investigate its effectiveness.

Novelty of work - a new cartridge with improved properties for water purification on household filter jugs has been developed.

PITCHER FILTER, CARTRIDGE, WEIGHTLY ACID CATION, COCOA ACTIVATED CARBON, INERT MATERIAL, CHLORINE, WATER HARDNESS, ORGANIC SUBSTANCES

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	9
ВСТУП .....	10
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	12
1.1 Проблеми питної води після централізованого очищення – основні забрудники .....	12
1.2 Методи доочищення питної води .....	16
1.3 Фільтри-глейчики – виробники, конструкційні особливості, матеріали .....	24
1.4 Постановка задачі дослідження .....	29
2 ОБ’ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	30
2.1 Об’єкти дослідження .....	30
2.1.1 Картриджі для фільтрів-глейчиків, що промислово випускаються .....	30
2.1.2 Експериментальні картриджі для фільтр-глейчиків .....	32
2.2 Методи дослідження .....	35
2.2.1 Дослідження вмісту промислових картриджів .....	35
2.2.2 Визначення фізико-хімічних властивостей складових завантаження картриджів фільтр-глейчиків .....	35
2.2.2.1 Одержання макрофотографічних зображень завантаження картриджів .....	35
2.2.2.2 Визначення гранулометричного складу завантаження .....	37
2.2.3 Методика створення експериментальних картриджів .....	38
2.2.3.1 Змішування завантаження картриджів .....	38
2.2.3.2 Складання картриджів .....	38
2.2.4 Методика визначення ефективності роботи картриджів. ....	39
2.2.4.1 Методика визначення швидкості фільтрації .....	41
2.2.4.2 Критерії порівняння оцінки ефективності очищення води .....	42
2.2.5 Методи обробки результатів .....	42
3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ .....	43
3.1 Порівняльне дослідження властивостей промислових картриджів .....	43

3.1.1	Оцінка якісного та кількісного складу завантаження картриджів .....	43
3.1.2.	Результати дослідження фільтруючих характеристик картриджів, що використовуються в фільтр-геліках різних виробників.....	47
3.2	Створення експериментальних картриджів з покращеними характеристиками .....	56
3.2.1	Пошук оптимуму.....	57
3.2.1.1	Визначення впливу гранулометричного складу сорбційних матеріалів завантаження. ....	59
3.2.1.2	Визначення впливу кількості інертного матеріалу у складі завантаження. ....	61
3.2.1.3	Визначення впливу коефіцієнту заповнення картриджу .....	62
3.2.1.4	Визначення впливу матеріалів дренажної системи картриджів .....	64
3.2.2	Характеристики оптимального картриджу.....	66
3.2.3	Порівняння промислових картриджів з картриджем з оптимальними властивостями .....	67
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	70
4.1	Охорона праці .....	70
4.1.1	Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи охорони праці.....	70
4.1.1.1	Повітря робочої зони .....	70
4.1.1.2	Освітлення робочої зони .....	73
4.1.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрації .....	74
4.1.1.4	Електробезпека .....	74
4.2	Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	76
4.2.1	Атестація робочого місця .....	76
4.2.2	Пожежна безпека .....	77
4.2.3	Безпека експериментальної частини .....	80
4.2.4	Аналіз небезпеки об'єкту .....	81
4.2.5	Оцінка надійності захисту робітників і службовців об'єкта з використанням захисних споруд за місткістю .....	82
5	ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ – РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ .....	84
5.1	Розрахунок економічного ефекту .....	84
5.1.1	Розрахунок основних фондів .....	85



5.1.2 Розрахунок оборотних засобів .....	86
5.1.3 Розрахунок техніко-економічних показників .....	91
5.1.4 Розрахунок економічного ефекту.....	92
5.2 Аналіз зовнішнього і внутрішнього середовища діяльності проекту. ....	92
5.3. Висновки до розділу.....	97
ВИСНОВКИ .....	98
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	102
Додаток 1 .....	106
Додаток 2 .....	107

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

ООН – Організація Об'єднаних Націй;

АВ – активоване вугілля;

ПО – перманганатна окиснюваність;

ПП – поліпропілен;

ДБН – Державні будівельні норми.

## ВСТУП

Проблема якості питної води є одною з найбільш актуальних глобальних світових проблем. Особливо гостро це стосується України, де якість питної води далеко не завжди відповідає вимогам, викладеним в нормативному документі ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Це стосується як води з централізованих джерел водопостачання, так і децентралізованих.

Найбільш поширеними забруднювачами, які істотно погіршують органолептичні і фізико-хімічні властивості водопровідної води є речовини, що широко застосовуються в процесі її централізованого очищення - хлор і його сполуки, алюміній, залізо, а також природні забруднювачі поверхневих вод - гумінові сполуки, присутність яких обумовлює підвищену кольоровість води.

Централізовані системи водопостачання, які забезпечують питною водою більшу частину населення, знаходяться у вкрай застарілому стані, а технології підготовки води, що застосовуються на них, не здатні виробляти воду придатну для споживання. Крім того, з невинним розвитком промисловості і появою великої кількості нових забрудників води, з'являються нові виклики при її очищенні, яким потрібно протистояти. Саме тому, як заміна централізованим системам водопідготовки, або як інструмент для додаткового доочищення води, все більше набуває популярності локальна підготовка питної води.

Найпростішим і найдоступнішим пристроєм для локальної водопідготовки, що здатний забезпечувати високоякісною, і саме головне – безпечною питною водою, є фільтр-глейчик. Такі пристрої набули популярності серед споживачів завдяки їх дешевизні, доступності, простоті використання і мобільності. Їх можна зустріти на полицях будь-якого з супермаркетів.

На ринку представлений широкий асортимент фільтрів глечиків різних виробників, кожен з яких оснащений картриджами, призначеними для видалення хлору, іонів жорсткості, знебарвлення води, видалення різних токсичних металів і органічних сполук і найчастіше для одночасного очищення від усіх перерахованих вище домішок. Інформація про тип і експлуатаційні характеристики картриджів надається виробником. Однак, у той же час ефективність очищення води з їх допомогою далеко не завжди відповідає обіцянкам виробників і очікуванням користувачів.

Оскільки в Україні фільтри-глечики займають лідируючу позицію за кількістю продажів на ринку систем для локальної водопідготовки, то необхідно бути впевненим у якості питної води, яку отримують споживачі після його використання.

Метою даної роботи є порівняльна оцінка роботи картриджів для фільтр-глечиків, що промислово випускаються, і пошук шляхів підвищення їх ефективності.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Проблеми питної води після централізованого очищення – основні забрудники.

Україна – країна багата на родючі землі, корисні копалини, і різноманітні природні ресурси. Однак, при цьому, вона є одною з найменш забезпечених ресурсами питної води серед країн Європи [1].

Забезпеченість України водними ресурсами оцінюється в 1,2 тис м<sup>3</sup> на людину, що є вкрай низьким показником згідно з визначенням Європейської економічної комісії ООН. А, наприклад, питома величина місцевого стоку в маловодний рік у розрахунку на одного мешканця становить лише 0,52 тис. м<sup>3</sup> [2].

Звичайно, що залежно від регіону, забезпеченість водними ресурсами значно різниться, тому, наприклад ситуацію з водою в гірській Закарпатській області не можна порівнювати з засушливою Одеською. Але у середньому по Україні проблеми з водними ресурсами є вкрай катастрофічними [1].

Якщо казати про якість поверхневих джерел питної води, то можна відмітити, що стан поверхневих вод є досить незадовільним. Так, за результатами моніторингу якості води поверхневих вод за 2017 рік, 8,4 % проб води з водоєм I категорії не відповідали нормам за санітарно-хімічними показниками, і 17,9 % - за санітарно-бактеріологічними показниками. При дослідженні стану водоєм II категорії, з 22861 проб, 15,5 % - не відповідали санітарним нормам за санітарно-хімічними показниками, а 18,5% серед 18458 проаналізованих проб – за мікробіологічними [2].

В Україні водопостачання забезпечується двома типами джерел води: на 70% поверхневими водами і на 30% – артезіанськими джерелами. При цьому існує 2 типи водопостачання – централізоване і децентралізоване [3].

При централізованому водопостачанні передбачається підготовка питної води на спеціальних спорудах і подальша її подача до споживачів через трубопроводи. Зазвичай при централізованій водопідготовці, вода відбирається з поверхневих джерел. При децентралізованому водопостачанні, споживачі самі відбирають воду з підземних джерел за допомогою спеціальних пристроїв, а очищена вода не проходить систему трубопроводів, а одразу надходить до споживача [4].

Централізованим водопостачанням в Україні забезпечений тільки 31% населених пунктів, в яких проживають 75,6% жителів, решта використовують воду з децентралізованих джерел: артезіанських свердловин, колодязів, каптажів. Отже, загалом, забезпеченням громадян питною водою в Україні займаються централізовані системи водопостачання [3].

Технологія підготовки питної води на централізованих станціях є типовою для різних регіонів України. Вона складається з таких основних стадій: попереднє знезараження, дозування реагентів (коагулянт, флокулянт, окиснювач), перемішування і відстоювання, фільтрування, вторинне знезараження, подача води споживачу. На всіх підприємствах для знезараження води використовують хлорування. Використання в технології підготовки питної води хлору, неефективних коагулянтів і відсутність вугільних фільтрів призводить до потрапляння до питної води значної кількості неорганічних і органічних забруднювачів, спільна дія яких несприятливо впливає на організм людини. Отримана у результаті застосування таких технологій вода, не задовольняє світовим і вітчизняним вимогам, зазначеним у нормативних документах [3-6].

Питна вода - це вода, якість якої відповідає встановленим вимогам. В Україні документом, що встановлює вимоги до питної води є ДСанПіН «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Ним регулюється вміст 86 речовин у воді, з них 11 санітарно-бактеріологічні та 75 - санітарно-хімічні. Показники якості питної води повинні відповідати всім

вимогам, зазначеним в цьому документі. Однак це дотримується далеко не завжди [1,19].

Згідно з даними «Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні» за 2017 рік, серед проаналізованих за санітарно-хімічними показниками 146153 проб води з централізованих джерел водопостачання, стандартам не відповідали 20,0 %, а серед 184100 проб за мікробіологічними показниками – 6,7 % не відповідали стандарту. При цьому, в наступні роки ситуація тільки погіршувалася. [2,7].

Проаналізувавши дані про кількість нестандартних проб питної води, можна зробити висновок, що ситуація з якістю питної води в Україні є вкрай небезпечною.

Найбільш розповсюдженими забруднювачами, що впливають на якість питної води в Україні є:

- 1) каламутність;
- 2) сухий залишок;
- 3) твердість;
- 4) органічні речовини;
- 5) залізо;
- 6) марганець;
- 7) нітрати;
- 8) хлор та його похідні.

Необхідно виділити, що одною з основних проблем питної водопровідної води в Україні є надмірне дозування хлору при її знезараженні, що у свою чергу може призводити до утворення небезпечних хлорорганічних продуктів у воді. Ця проблема є найбільш характерною для вод басейна Дніпра, де спостерігається підвищений вміст природних органічних сполук [3].

Так, після обробки води з річки Дніпро, в ній залишається приблизно 20-30 % розчинених органічних сполук, що здатні зумовлювати ріст бактерій та

утворення біоплівки на поверхні труб. Крім того, треба зауважити, що обладнання, яке використовується для очищення води на більшості станцій централізованої водопідготовки знаходиться в стані крайньої зношеності і вимагає невідкладної реконструкції. Це стосується також застарілих систем трубопроводів, що здатні призводити до вторинного зараження води після її очищення на станції. Так, з комунальних водопроводів не відповідають санітарним нормам – 7,5%, сільських – 3,4%, відомчих – 1,8% [3,7].

Задля уникнення вторинного зараження води під час її проходження через систему трубопроводів, при її знезараженні, у систему вводять надлишкову кількість хлору. Це дозволяє усунути ризик утворення патогенів у питній воді, однак, з іншої сторони, надлишковий вміст хлору погіршує органолептичні властивості води, а також викликає можливість утворення в ній канцерогенних хлорорганічних сполук.

Окрім того, за останній час, в результаті активного розвитку промисловості а також ринку нових матеріалів, з'явилася велика кількість нових забрудників природних джерел, які суттєво погіршують якість вихідної води. Серед таких забрудників можна виділити різноманітні фармацевтичні препарати, пестициди, токсичні речовини, мікропластики і т.д. Існуючі технології, що використовуються на централізованих станціях водоочищення, не здатні протистояти сучасним викликам забруднень.

Проаналізувавши усю вищенаведену інформацію, можна зробити висновки, що допоки не проведена повна реконструкція обладнання і системи трубопроводів систем централізованого водопостачання, вода, яка надходить після очищення на них, не може бути придатною для споживання. Так, тільки в Києві, реконструкції підлягають 60% фондів Дніпровської і Деснянської водопровідних станцій [1-7].

Отже, задля того, щоб отримувати чисту і безпечну питну воду, необхідно звернути увагу на децентралізовані системи доочищення водопровідної води. Такі системи розраховані на те, щоб виробляти питну воду високої якості у невеликих



кількостях у місці споживання. При цьому вода не подається у розподільчу мережу, де може зазнавати вторинного зараження. Децентралізовані, або ж локальні системи водопідготовки можуть використовуватися як для повної підготовки питної води, так і для її доочищення [5,8,9].

Детальніше найпопулярніші методи доочищення питної води, їх переваги і недоліки будуть розглянуті у розділі 1.2.

## 1.2 Методи доочищення питної води

Існуючі в даний час технології та системи очищення води дозволяють отримати воду питної якості навіть з досить забрудненої вихідної води. Все більше людей сьогодні хочуть вживати воду найкращої якості і використовують для цього спеціальні установки для доочищення як води зі свердловини, так і водопровідної води. При цьому завжди у споживачів виникають питання, пов'язані з вибором компонування системи водоочищення (або фільтра), його ресурсу, надійності та ін. Відповідь на всі ці питання залежить, в першу чергу, від якості вихідної води [10].

При виборі системи очищення води необхідно визначити кількість води, яку необхідно отримати, для яких потреб вона буде використовуватися, і виходячи з цього обрати метод очищення води. Порівняння ефективності методів очищення води відносно різних забрудників представлено у таблиці 1.1 [11].

Таблиця 1.1 - Порівняння різних методів очищення води.

Показник	Механічні картриджі	Активоване вугілля	Катіонити	Комплексне завантаження	Зворотний осмос
Каламутність	++	+	+	+	+++
Кольоровість	-	++	-	++	+++
Окиснюваність	-	++	-	++	+++
Мінералізація	-	-	-	-	+++

Продовження таблиці 1.1.

Залізо	+	+	+	++	+++
Марганець	-	-	-	++	+++
Нітрати	-	-	-	+	+++
Твердість	-	-	+++	+++	+++
Хлор та його похідні	-	++	-	-	+++

Основні типи систем для побутового доочищення води представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Типи систем для побутового доочищення води.

Тип системи очищення води	Принцип дії (стадії очищення води)	Основна функція	Ціна 1 л очищеної води, грн	Ціна обладнання, грн
Системи зворотного осмосу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• механічне очищення води;</li> <li>• мембранне очищення води;</li> <li>• адсорбційне доочищення води.</li> </ul>	Видалення будь-яких забрудників з води – незалежно від якості вихідної води, на виході вона буде придатна для пиття та матиме стабільний склад.	0,54	3000-20000
Проточні сорбційні фільтри	<ul style="list-style-type: none"> <li>• адсорбційне очищення води;</li> <li>• іонообмінне очищення води.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Видалення органіки, хлору;</li> <li>- Пом'якшення;</li> <li>- Видалення заліза, марганцю, нітратів (індивідуально).</li> </ul>	0,5	1400-2000
Фільтри-гелічки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• адсорбційне очищення води;</li> <li>• іонообмінне очищення води.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Видалення органіки, каламутності, хлору;</li> <li>- Пом'якшення.</li> </ul>	0,3 – 0,4	200-500

Розглянемо тепер детальніше характеристики кожної з систем для побутового доочищення води.



Рис. 1.1. Побутова система зворотного осмосу

**Системи зворотного осмосу (рис. 1.5).** В основі технології зворотного осмосу - процес поділу розчинів на напівпроникній мембрані, для протікання через яку води, необхідне створення надлишкового тиску. Мембрана пропускає воду і затримує велику частину розчинених домішок, проте механізм зворотного осмосу відрізняється від класичної фільтрації. Класична фільтруюча перегородка має пори і затримує домішки, розмір яких перевищує діаметр пор. У зворотноосмотичній

мембрани немає пор, а вода і деякі інші речовини можуть проходити через мембрану завдяки дифузії всередині матеріалу [12].

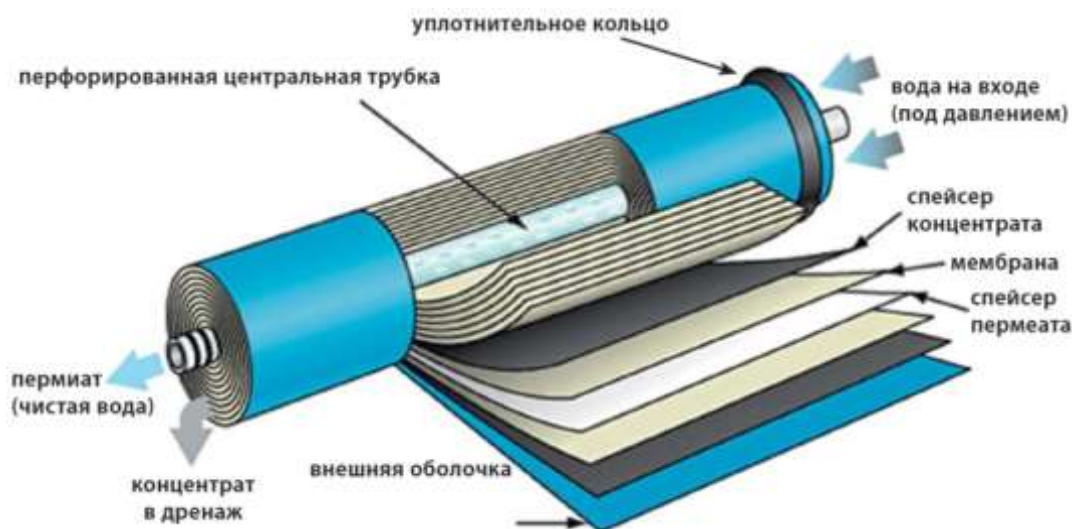


Рис. 1.2. Схема мембранного елемента системи зворотного осмосу.

При роботі системи зворотного осмосу вода подається в мембранотримач (рис. 1.6) і надходить на вхід мембранного елемента з торця. Вода рухається по каналах всередині мембранного елемента. Тиск води змушує молекули води

рухатися крізь мембрану, утворюючи потік пермеату з іншого боку мембрани. Канали для руху води утворені так званим спейсером концентрату, що представляє собою сітку з полімерного матеріалу. Аналогічний спейсер, але більш тонкий і з меншим розміром осередку використовується для створення каналів для руху пермеата всередині мембранних конвертів. Для відводу пермеата з мембранного елемента мембранні конверти відкритим (незаклеєними) кінцем кріпляться до перфорованої водозбірної трубки, в яку відводиться пермеат з пермеатних каналів [13].

Максимальна ефективність зворотноосмотичного очищення води досягається при тангенційному способі фільтрації, в результаті якого утворюються два потоки: пермеат - очищена вода і концентрат - вода, що містить вилучені домішки. З одного боку - це процес очищення, з іншого - метод концентрування. Концентрат, який є рідким відходом процесів очищення води, не містить ніяких домішок, крім присутніх у вихідній воді, але в більшій концентрації. У більшості випадків концентрат може скидатися в каналізацію без додаткової обробки, чим і визначається екологічна безпека зворотноосмотичних процесів.

Плюси систем фільтрації води зі зворотним осмосом [14]:

- Відфільтрована вода завжди чиста і абсолютно безпечна: без будь-яких домішок, бактерій і мікробів.
- В процесі експлуатації якість води завжди є найвищою і не залежить від ступеня вироблення ресурсу фільтр-елементів. Система може втратити в продуктивності, але не в якості фільтрації води. Після заміни картриджів продуктивність знову стане як у нового обладнання.
- Можна не стежити за швидкістю фільтрації. Можна відкрити кран питної води на повну і налити стільки чистої води, скільки зберігається в накопичувальному баці. Як правило, запас становить 8-12 літрів. Через 6 хвилин в баці буде літр свіжої води, яку можна відразу використовувати. А через годину бак буде повністю наповнений новою порцією чистої питної води.

- Фільтруюча зворотноосмотична мембрана не пропускає нічого зайвого з водопровідної води. Залишається тільки вода і розчинений у воді кисень. Всі домішки, мікроби і бактерії змиваються в каналізацію.

До недоліків зворотноосмотичних систем можна віднести:

- Габаритні розміри системи. У конструкції передбачений накопичувальний бак для чистої води. Як правило, вся система легко поміщається під мийку, але бувають випадки, коли це зробити неможливо.
- Вартість. Системи зі зворотним осмосом дорожче проточних фільтрів. Але термін служби таких систем перевищує десять років, і вода, що отримується у результаті очищення, має найкращу якість.
- Збільшена витрата води. Конструкція системи зі зворотним осмосом передбачає відведення 60-85% води в дренаж (каналізацію).
- Сумнівний мінус - занадто чиста вода. Багатьох лякає, що фільтр очищує воду занадто добре, видаляючи навіть корисні мінеральні сполуки. Але більшість мінеральних сполук людина може отримати з їжі. Отже зважаючи на усі переваги систем очищення води зворотним осмосом, вони є найкращим рішенням для отримання чистої і здорової питної води.



Рис. 1.3. Проточний сорбційний фільтр з трьома картриджами

**Проточні сорбційні фільтри** (рис. 1.7). На відміну від систем зворотного осмосу, де головним елементом для очищення води є мембрана, у проточних сорбційних фільтрах очищення води відбувається завдяки явищу сорбції.

Картриджі таких фільтрів містять такі компоненти:

- активоване вугілля (сорбент)
- іонообмінну смолу
- спінений полістирол.

Завдяки такому складу картриджів, проточні сорбційні фільтри здатні видаляти механічні домішки, надмірну кількість іонів твердості води, а також хлор і органічні сполуки.

Існує три типи проточних сорбційних фільтрів, що розрізняються кількістю послідовно підключених фільтруючих елементів - картриджів.

Проточні сорбційні фільтри з одним картриджем називають настільними, оскільки вони ставляться на кухонну мийку або стіл і підключаються за допомогою спеціальної насадки - дивертеру до водопровідного крану. Двох- і трьохкартриджні проточні фільтри монтуються під кухонною мийкою і підключаються через трійник до лінії холодної води, а на стільницю або поверхню мийки виводиться кран очищеної води. Проточні сорбційні фільтри з трьох картриджів найбільш ефективні, оскільки вода в них проходить три ступені очищення на різних матеріалах [15].

До плюсів проточних сорбційних фільтрів можна віднести [14]:

- Доступна вартість проточної системи фільтрації.
- Висока швидкість фільтрації води (хоча цей факт і є великим мінусом, але для споживача він здається плюсом).
- Відфільтрована вода містить корисні солі і мінерали.
- 100% ККД. Вся вода, що проходить фільтрацію, використовується за прямим призначенням.
- Компактність. Система працює без накопичувального бака.
- Невисока вартість змінних картриджів.

Мінусами проточних питних фільтрів є:

- Висока швидкість фільтрації води. Як правило, щоб налити води, кран питної води відкривають на повну. І рідко хто читає інструкцію в якій написано, що швидкість фільтрації повинна бути близько 1 літра на хвилину. При повністю відкритому крані за хвилину через фільтр пройде більше 5

літрів води. А значить ефективність фільтрації складе всього 20%. На скільки треба відкрити кран, щоб ефективність становила 100% можна з'ясувати тільки експериментальним шляхом і поставити мітки на крані з водою.

Але і це не вирішить усіх проблем. Згодом ресурс картриджів зменшується і ефективність очищення поступово знижується. Тому і швидкість фільтрації з кожним днем повинна зменшуватися. Зазвичай в повсякденному житті ніхто не дотримується рекомендованої виробником швидкості фільтрації і проточні фільтри не справляються зі своїм завданням. Відповідно, одержувана на виході з питного крана вода має сумнівну якість.

- Складність в правильному виборі фільтруючих елементів. Перед тим як обрати проточний сорбційний фільтр, необхідно зробити хімічний і бажано бактеріологічний аналізи води. Готові системи комплектуються стандартним набором картриджів, які, як правило, ефективно видаляють тільки пісок, іржу і хлор. Не знаючи вихідного складу водопровідної води і встановлюючи проточну систему фільтрації, не можна бути впевненим, що отримується вода очищена від всіх небажаних домішок.

- Неконтрольований залишковий ресурс змінних картриджів. Виробник фільтруючих елементів вказує, яку кількість води в літрах може відфільтрувати картридж, що встановлюється. Але сама система не має лічильника витрати. Уже через місяць не можна навіть приблизно сказати скільки літрів води пройшло через фільтр. Часто споживачі забувають вчасно замінювати картриджі, і налита вода з питного крана фактично не відрізняється за складом від водопровідної, і навіть стає небезпечною для застосування, через вимивання з картриджів накопичених домішок.

Механічний фільтр-елемент, який є в кожному фільтрі, затримує пісок, мулисті і інші відкладення. Згодом в цих відкладеннях починають розмножуватися мікроби, які з потоком води потрапляють у питній кран. І якщо проточний сорбційний фільтр не обладнаний ультрафіолетовими лампами, то виникає високий ризик випити небезпечну для здоров'я воду.



Рис. 1.4. Фільтр-гличик

**Фільтри-гличики** (рис. 1.8). Як і в проточних сорбційних фільтрах, очищення води у фільтрах-гличиках відбувається завдяки сорбції забрудників завантаженням картриджу. Залежно від складових компонентів, сучасні картриджі фільтрів-гличиків здатні одночасно вирішувати відразу кілька завдань: вони очищують воду від домішок хлору, органічних речовин і фенолу, механічних включень, важких металів і токсичних сполук, знижують твердість води, покращують її органолептичні якості (запах, смак, колір) [16].

Фільтр-гличик для очищення води ефективний і простий в експлуатації. Проте подібна конструкція має і ряд недоліків. Розглянемо докладніше плюси і мінуси гличика.

Переваги фільтра для очищення води:

- Компактність і мобільність пристрою. Його можна зберігати на столі, на полиці і навіть в холодильнику (щоб охолодити воду в жарку погоду). У будь-який момент його можна перенести з місця на місце і навіть взяти з собою у подорож.
- Рівень фільтрації - незважаючи на те, що фільтри-гличики не вважаються найкращими за якістю очищення води, для своїх розмірів вони чудово справляються зі своїм завданням.
- Вартість - в порівнянні з дорогими спеціалізованими очисними установками, гличик можна купити за доступною ціною.

До недоліків фільтра можна віднести невисоку швидкість фільтрації води та необхідність частої заміни картриджа. Також варто наголосити на тому, що через свої невеликі розміри даний пристрій здатний відфільтрувати лише 3-5 л води при одноразовому його використанні. У невеликій сім'ї цей мінус буде невідчутний.



Але все ж таки, фільтри-гличики залишаються економічно найбільш доступними, а також, простими у використанні пристроями для очищення води серед представлених на ринку. Їх невеликі розміри надають їм мобільності, що дозволяє використовувати такі установки не тільки вдома, але й брати з собою у мандри, і при цьому завжди отримувати чисту і безпечну для пиття воду. Саме завдяки цим характеристикам, фільтри-гличики стали найбільш популярними і продаваними системами для доочищення питної води. Детальніше характеристики фільтр-гличиків розглянуті у розділі 1.3.

### **1.3 Фільтри-гличики – виробники, конструкційні особливості, матеріали.**

Серед усіх існуючих побутових установок для доочищення води, найбільш компактним і дешевим є фільтр-гличик. Фільтри такого типу часто здатні усувати поширені домішки питної води. Саме тому велика частина населення використовують такі фільтри для доочищення водопровідної води для питних потреб.

Фільтри-гличики лідирують за кількістю продажів на ринку фільтрів для побутового доочищення води. Ці фільтри економічно доступні споживачам із середнім достатком, не вимагають спеціального монтажу або обслуговування. Вони не потребують створення додаткового тиску, як, наприклад, установки зворотного осмосу. Крім того фільтри-гличики можуть бути використані для очищення води з будь-якого джерела. Єдина складність полягає в частоті заміни картриджів і необхідності чіткого контролю їх ресурсу [17].

Конструкція всіх фільтрів-гличиків однакова [16]. Як правило, ці фільтри включають такі конструкційні елементи:

- основна ємність - гличик;
- резервуар (воронка), в який набирають воду;

- фільтруючий елемент, тобто картридж.

У зібраному вигляді фільтр являє собою резервуар з двома відсіками, між якими знаходиться картридж (рис. 1.9). Вода наливається в верхню частину. Після цього вона проходить через картридж, очищується від шкідливих домішок і накопичується в нижній частині глечика. В процесі експлуатації виріб можна розібрати (а потім зібрати), що особливо важливо під час миття. Виготовляють такі фільтри з високоякісного пластика або міцного скла.



Рисунок 1.5 – Конструкція фільтр-глечика.

Основним елементом фільтр-глечика є його картридж, що містить фільтруюче завантаження. Зазвичай, основними фільтруючими компонентами, що можуть бути включені до складу завантаження в картриджах є [18]:

- шар інертного матеріалу для видалення механічних домішок і попередження вимивання фільтруючих матеріалів;
- активоване вугілля (зазвичай із шкаралупи кокосу), що має адсорбуючі властивості і здатне очищати воду від механічних забруднень та хлору;

- іонообмінні смоли, які здатні видаляти іони твердості з води, а також домішки важких металів;
- шунгіт - природний матеріал, який очищає воду від важких металів, органічних і хімічних сполук, а також знезаражує воду від мікроорганізмів;
- цеоліт, який добре поглинає метали, нітрати, пестициди, радіонукліди та масла;
- фторуючі компоненти, які необхідні тим, у кого в водопровідній воді знижений вміст фтору;
- іони срібла - для додаткового знезараження води і попередження розмноження бактерій всередині картриджу.

Крім того, для домінералізації води використовують картриджі, що містять корисні мікроелементи, наприклад, солі магнію [16, 18].

Залежно від завдань з очищення води, можливо підібрати картридж з набором певних компонентів, що допоможуть усунути конкретні домішки у воді. Однак, зазвичай у складі стандартних картриджів, що підходять для очищення української водопровідної води, містяться активоване вугілля, іонообмінний матеріал та певний шар інертного матеріалу.

Фільтри-глекичи також відрізняються за об'ємом резервуарів для води та завантаження картриджів, і за ресурсом. У середньому об'єми ємностей глекичів варіюються у межах 3-5 дм<sup>3</sup>, а завантаження картриджів – 0,08 – 0,25 дм<sup>3</sup>. Ресурс роботи промислових картриджів у середньому становить 120 - 350 дм<sup>3</sup>.

Основними виробниками фільтр-глекичів, що представлені на Українському ринку є такі компанії:

- Екософт - Наша Вода, Dewbery (Україна);
- Бар'єр (Росія);
- Аквафор (Росія/Естонія);

- BWT (Австрія);
- Brita (Німеччина);
- Гейзер (Росія).

Зазвичай, усі виробники фільтр-глекчиків пропонують видалення з води механічних домішок, іонів твердості, органічних речовин, важких металів, хлору та хлорорганічних речовин, заліза і марганцю, а також додаткове знезараження води.

Правила користування фільтр-глекчиками, що надаються виробниками, мало відрізняються і включають такі етапи:

- 1) промити водопровідною водою (бажано з миючим засобом) глекчик і резервуар для води;
- 2) розпакувати картридж і замочити у водопровідній воді на 10 хвилин;
- 3) після цього щільно вкрутити картридж у спеціальний відсік і пропустити через нього два холості літри води (які потрібно буде вилити);
- 4) після цього можна фільтрувати воду для подальшого її вживання;
- 5) через 0,5 - 3 місяці замінити картридж.

Отже, фільтр-глекчик є ефективним і недорогим пристроєм для очищення водопровідної води. Завдяки різноманітності виробників, представлених на ринку, і модифікацій завантажень картриджів, кожен споживач може вибрати для себе необхідний йому фільтр-глекчик для доочищення води, виходячи зі смакових переваг і індивідуальних потреб.

Однак, існують чутки про те, що інформація, яку надають виробники фільтр-глекчиків про свою продукцію не відповідає дійсності, і в особливості, про те, що дані про ефективність очищення води на цих фільтрах є дуже завищеними. І тому, щоб бути впевненим у якості води, яку споживач отримує після фільтра-глекчика, у рамках даної дипломної роботи було проведене дослідження ефективності

очищення води існуючими на ринку картриджами для фільтр-гелечиків, а також пошук шляхів підвищення ефективності їх роботи.

## **1.4 Постановка задачі дослідження**

Мета даного дослідження полягала в порівняльній оцінці роботи картриджів для фільтр-геліків, що промислово випускаються, і пошуку шляхів підвищення їх ефективності.

Завдання дослідження включали:

- 1) проведення порівняльної оцінки складу завантаження і фільтруючих властивостей картриджів для фільтр-геліків, що промислово випускаються;
- 2) визначення основних факторів, що впливають на ефективність роботи сорбційних картриджів та сформулювати вимоги до картриджу з оптимальними властивостями;
- 3) розробка картриджу з оптимальними властивостями та дослідження його ефективності.

## 2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Об'єкти дослідження

Об'єктами дослідження були:

- Картриджі для фільтрів-глейчиків, що промислово випускаються;
- Експериментальні картриджі для фільтр-глейчиків.

#### 2.1.1 Картриджі для фільтрів-глейчиків, що промислово випускаються

Фільтр-глейчик складається з трьох основних частин: глейчик, резервуар для води, і картридж (рис. 2.1). Зазвичай картриджі для фільтр-глейчиків можна купити окремо від самого глейчика, що дозволяє обирати окремо зовнішній вигляд глейчика, а також картриджі з різним наповненням, відповідно до завдань в очищенні води, які він має виконувати. Усі картриджі мають різну форму і зазвичай сумісні з певним типом глейчика, що надається виробником. Однак існують і універсальні картриджі, форма яких підходить для використання у більшості глейчиків.



Рисунок 2.1 – Конструкція досліджуваного фільтр-глейчика.

Інформація про марки фільтрів-гечиків, що представлені на українському ринку, а також технічні характеристики та матеріали завантажень картриджів, що наводяться виробниками, приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Інформація, що надається виробниками про характеристики картриджів для фільтр-гечиків.

Номер (марка) картриджу	Заявлений ресурс, дм <sup>3</sup>	Опис завантаження	Ефективність очищення
1	2	3	4
I (Бар'єр-6 Твердість)	350	Іонообмінна смола, кокосове активоване вугілля, кокосове активоване вугілля, оброблене сріблом	Іони твердості: 100% Хлор вільний і активний: 100% Фенол, бензол: 100% Ліндан: 95-99% ДДТ: 97-99%
II (Brita Maxtra)	150	Вугільні кульки Micro Carbon Pearls виготовлені з висококласного вугілля натуральної шкаралупи кокоса, частинки, розроблені за технологією BRITA MicroFlow, катіоніт, срібло в активній незмивній формі (Ag <sup>+</sup> )	Солі твердості 50-80% Важкі метали 99% Хлор активний 100% Нафтопродукти (фенол, бензол) 100% Ліндан 95-99% ДДТ 97-99%
III (BWT Magnium mineraliser)	120	Фільтр тонкого очищення, фільтруючий шар гранульованого активованого вугілля, іонообмінний шар, вода збагачується мінеральним магнієм завдяки запатентованій технології "BWT Mg <sup>2+</sup> ", постфільтр	Видаляє важкі метали, хлор і його сполуки, пестициди, органічні домішки. Додає іони магнію в воду, які покращують смак води, а також зменшують показник загальної твердості води.
IV (Гейзер 302)	300	Гранульована засипка з активованого вугілля, високо технологічне завантаження ECOTAR з включеннями іонів срібла і унікальними добавками АРАГОН, волокнистий іонообмінний матеріал Каталон (патент № 2531829 від 01.09.2014)	Солі твердості 50-70% Важкі метали 99% Хлор активний 100% Нафтопродукти (фенол, бензол) 100% Ліндан 95-99% ДДТ 97-99%



*Продовження таблиці 2.1*

V (Наша вода Універсальний)	150	Суміш сорбентів природного і синтетичного походження, виготовлена за технологією ECOMIX, компоненти срібла	Знижує мінералізацію і жорсткість води. Запобігає накипу. Очищає від хлору і хлорорганічних сполук. Знижує концентрацію токсичних важких і кольорових металів
VI (Наша вода Покращений)	150	Суміш сорбентів природного і синтетичного походження, виготовлена за технологією ECOMIX, компоненти срібла	Знижує мінералізацію і жорсткість води. Запобігає накипу. Очищає від хлору, органічних і хлорорганічних сполук. Знижує концентрацію токсичних важких і кольорових металів
VII (Ecosoft Dewbery)	300	Суміш сорбентів природного і синтетичного походження, виготовлена за технологією ECOMIX, компоненти срібла	Знижує мінералізацію і жорсткість води, вміст заліза і марганцю. Запобігає накипу. Очищає від хлору і хлорорганічних сполук. Попереджений розвиток бактерій всередині картриджа

### **2.1.2 Експериментальні картриджі для фільтр-гличиків**

В ході проведення експериментальних досліджень були використані наступні матеріали та пристрої:

- слабокислотний катіоніт з ефективним діаметром зерен 0,47 мм і 0,225 мм (таблиця 2.2);
- кокосове активоване вугілля з фракційним складом 12х40, 30х60, 50х100 меш, тобто з розміром гранул 1,7х0,425 мм, 0,6х0,25 мм і 0,3х0,15 мм, відповідно (таблиця 2.3);
- інертний матеріал на основі поліпропілену з волокнистими частинками довжиною 5 мм та товщиною 0,075 мм.

– корпус картриджу з наступними характеристиками стакану:  
висота - 7 см, діаметр - 4,9 см і об'єм - 117 дм<sup>3</sup>, з дренажними перегородками (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд корпусу експериментального картриджу.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики слабокислотного катіоніту.

Характеристики товарної форми іоніту	
рН фільтрату	5,97
Кольоровість фільтрату, град.	7,5
Окиснюваність фільтрату, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,6
Запах фільтрату, бали	2
Фізико-хімічні характеристики підготовленого іоніту	
Гранулометричний склад, мм	0,315-1,0
Об'ємна частка робочої фракції, %	99
Ефективний розмір, мм	0,47
Коефіцієнт однорідності	1,62
Масова доля води, % (Н)	57,85
Питомий об'єм см <sup>3</sup> /г (Н)	3,02
ПСОЄ мг-екв/см <sup>3</sup> (Н)	4,36
Окиснюваність фільтрату, мг/г	0,02
Осмотична стабільність, %	100

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики кокосового активованого вугілля.

Характеристики товарної форми	Значення параметрів для вугілля з розміром гранул, меш		
	12х40	30х60	50х100
Розмір, мм / частка, %	1,6 / 2,2	0,63 / 4,0	0,315 / 1,3
	1,4 / 20,5	0,5 / 11,6	0,3 / 20,2
	1,0 / 36,3	0,4 / 27,4	0,2 / 30,2
	0,71/24,5	0,315 / 39,6	0,18 / 8,7
	0,63 / 3,8	0,2 / 15,6	0,16 / 17,9
	0,4 / 11,6	< 0,2 / 1,8	0,125 / 16,9
	<0,4 / 1,1		<0,125 / 4,8%
Вологість, %	2,09	5,88	2,76
Зольність, %	6,87	3,87	1,79
pH водної витяжки	8,38	9,7	10,26
Йодне число, мг/г (ASTM)	898	1269	1234

Всього, в рамках дослідження були створені та випробувані 15 експериментальних картриджів. Їх характеристики наведені у таблиці 2.4. До складу картриджів входили: активоване вугілля (AB) об'ємом 55 см<sup>3</sup>, слабокислотний катіоніт (катіоніт) об'ємом 45 см<sup>3</sup> при загальному об'ємі завантаження – 100 см<sup>3</sup>, та 52 см<sup>3</sup> АВ і 43 см<sup>3</sup> катіоніту при загальному об'ємі завантаження – 95 см<sup>3</sup>.

Для визначення щільності заповнення картриджу був використаний такий показник, як коефіцієнт заповнення картриджу (або щільність упаковки), який визначався за формулою, наведеною в розділі 2.2.5.

Таблиця 2.4 - Характеристики експериментальних картриджів.

Номер картриджу	Щільність упаковки (коефіцієнт заповнення), г/см <sup>3</sup>	Об'єм завантаження, см <sup>3</sup>	Склад завантаження + гранулометричний склад				
			Розмір гранул вугілля, мм	Ефективний розмір смоли, мм	Інертний матеріал, г	Матеріал дренажу	
						Верхній*	Нижній
1	-	100	1,7x0,425	0,47	-	ПП сітка	нетканий матеріал
2	-	100	0,6x0,25	0,47	-	ПП сітка	нетканий матеріал
3	-	100	0,6x0,25	0,225	-	ПП сітка	нетканий матеріал
4	-	100	0,3x0,15	0,225	-	ПП сітка	нетканий матеріал
5	-	100	0,6x0,25	0,225	-	ПП сітка	нетканий матеріал
6	-	100	0,6x0,25	0,225	0,9	ПП сітка	нетканий матеріал
7	-	100	0,6x0,25	0,225	1	ПП сітка	нетканий матеріал
8	-	100	0,6x0,25	0,225	1,5	ПП сітка	нетканий матеріал
9	-	100	0,6x0,25	0,225	2	ПП сітка	нетканий матеріал
10	0,25	100	0,6x0,25	0,225	1	ПП сітка	нетканий матеріал
11	0,53	100	0,6x0,25	0,225	1	ПП сітка	нетканий матеріал
12	0,66	100	0,6x0,25	0,225	1	ПП сітка	нетканий матеріал
13	0,66	100	0,6x0,25	0,47	1	ПП сітка	нетканий матеріал
14	0,66	95	0,6x0,25	0,47	1	нетканий матеріал	поролон h=10 мм
15	0,66	95	0,6x0,25	0,47	1	нетканий матеріал	поролон h=5 мм

\*Примітки: ПП сітка – поліпропиленова сітка

## **2.2 Методи дослідження**

### **2.2.1 Дослідження вмісту промислових картриджів.**

Для того, щоб дізнатися фактичний вміст завантаження картриджів було проведено їх розтин. При цьому за допомогою канцелярського ножа зрізали кришку картриджа, після чого розрізали верхню дренажну сітку і вилучали завантаження із стакану картриджу.

Після того, як було вилучено завантаження картриджів, визначали об'єми завантаження за допомогою мірного циліндру, а також об'єм стакану картриджів шляхом додавання у нього води, та вимірювання доданого об'єму води за допомогою мірного циліндру. Крім того було визначено коефіцієнт заповнення стакану завантаженням ( $\omega$ ) за формулою, наведеною в розділі 2.2.5.

За допомогою мікроскопу було розглянуто складові завантаження у збільшеному вигляді, після чого отримано фотографічні знімки завантажень кожного з картриджів (рис. 3.1 - 3.7).

### **2.2.2 Визначення фізико-хімічних властивостей складових завантаження картриджів фільтр-гличиків**

#### **2.2.2.1 Одержання макрофотографічних зображень завантаження картриджів**

Для того, щоб детальніше вивчити складові завантаження картриджів, були отримані макрофотографічні зображення. Перед цим завантаження картриджу було поміщено у стакан (або чашку Петрі). Для отримання знімку була використана камера смартфона з виставленим макрорежимом зйомки і спалахом.

Отримані зображення у форматі JPEG були оброблені у програмі Photoshop.

#### **2.2.2.2 Визначення гранулометричного складу завантаження**

Перед початком визначення гранулометричного складу завантаження, необхідно було розділити усі компоненти завантаження, а саме гранули вугілля, іонообмінної смоли і волокна (в картриджах, де воно присутнє). Волокно легко відділялося від інших компонентів. Для розділення вугілля і іонообмінної смоли, завантаження невеликими порціями насипалося на аркуш паперу з загнутими краями, який струшувався. В результаті цього, зерна смоли скочувалися на край аркушу, а гранули вугілля залишалися у центральній частині аркушу.

Після того, як усі компоненти були відділені один від одного проводився ситовий аналіз окремо вугілля та іонообмінної смоли. Для цього були відібрані ряд стандартних сит з різним розміром комірок, що встановлювалися на віброгрохот у такому порядку: на самий низ встановлювався піддон, на який ставилися сита починаючи з тих, що мають найменший розмір комірок, завершуючи ситом з найбільшим розміром комірок. Зверху ця конструкція накривалася кришкою. Розміри комірок стандартних сит, обраних для ситового аналізу вугілля і смоли описані у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Розміри комірок стандартних сит для розсіву вугілля і смоли.

Діаметр комірок сит для розсіву вугілля, мм	Діаметр комірок сит для розсіву смоли, мм
1.25	1.25
1.0	1.0
0.8	0.8
0.63	0.63
0.4	0.5
0.315	0.315
0.2	<0.315
0.125	
0.1	
<0.1	

Коли установка була зібрана, на сито з розміром комірок, що відповідають верхній межі гранулометричного складу, засипався повітряно-сухий іоніт, або вугілля і струшувався протягом 10 хвилин. По закінченню струшування, вміст

гранул з кожного сита пересипали в окремі ємності, виміряли об'єм (за допомогою мірного циліндра), а також масу (за допомогою електронних вагів) кожної фракції.

## **2.2.3 Методика створення експериментальних картриджів**

### **2.2.3.1 Змішування завантаження картриджів**

Процес змішування компонентів фільтруючого завантаження картриджів проводився постадійно.

Спочатку було відмірено необхідні об'єми іонообмінної смоли (у вологому стані), активованого вугілля за допомогою мірного циліндра, а також зважена на електронних вагах певна кількість інертного матеріалу.

Після цього, у пластиковий глечик об'ємом 2 дм<sup>3</sup>, була завантажена волога смола, далі – інертний матеріал (опціонально), після чого суміш ретельно перемішувалася металевою лопаткою. Далі додавали у глечик активоване вугілля, після чого також новоутворена суміш ретельно перемішувалася. Перемішування суміші проводилося у вологому стані для рівномірності розподілення усіх компонентів. Однак, через те, що вугілля адсорбувало вологу з іоніту, суміш швидко висувувалася. Тому, для покращення процесу перемішування, після додавання вугілля, у суміш доливали 20 см<sup>3</sup> води. Завдяки цьому суміш компонентів зберігала необхідну вологість і усі компоненти були рівномірно перемішані між собою.

### **2.2.3.2 Складання картриджів**

Корпус картриджа складається з 3-х основних компонентів:

- стакан;
- кришка;
- сітка, що попереджує вимивання компонентів зі стакану картриджа.

Складання картриджу включало такі стадії:

- 1) На дно пластикового стакану вкладали нижній дренаж – нетканий матеріал або поролон.
- 2) Фіксували вагу пластикового стакану (з нижнім дренажем) на електронних вагах. Після цього відміряли необхідну вагу фільтруючого завантаження і засипали його у картридж, злегка спресовуючи пальцями.
- 3) Далі, зверху стакану накладали сітку, після чого, зверху неї приклеювали кришку картриджу до стакану за допомогою силіконового клею.

Готовий картридж поміщали у фільтр-глекчик, після чого проводили експеримент за методикою, зазначеною у розділі 2.2.4.

#### **2.2.4 Методика визначення ефективності роботи картриджів.**

Методика експерименту полягала в пропущенні водопровідної води м. Києва через картридж фільтр-глекчика з відбором проб для аналізу через 10, 50, 100, 150 дм<sup>3</sup>. Крім того, перед аналізом проб води, пропущеної через фільтр-глекчик, відбиралися проби вихідної води для аналізу.

Оскільки під час проведення експерименту концентрація хлору у вихідній водопровідній воді була низькою ( $<0,05$  мг/дм<sup>3</sup>) та нестабільною, була приготована модельна вода з концентрацією хлору 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Приготування модельної води відбувалося в установці, що складалася з 2-х баків (ємностей) об'ємом 50 дм<sup>3</sup>, заповнених водопровідною водою. У нижній частині кожного баку розміщений кран для відбору води. Постійна концентрація активного хлору у вихідній воді підтримувалася на рівні 0,5 мг/дм<sup>3</sup> шляхом дозування в баки додаткової кількості гіпохлориту натрію і ретельного перемішування води. Баки щільно закривалися кришкою після дозування у воду хлору. Концентрація хлору у воді перевірялася 5 разів на день і коректувалася. Установка для приготування модельної води зображена на рис. 2.3.





Рисунок 2.3 – Установка для приготування модельної води.

З баків відбирався мірним глечиком  $1 \text{ дм}^3$  води, яка далі пропускала через картридж фільтр-глечиків.

Для оцінки ефективності роботи картриджів визначали такі параметри як: швидкість фільтрації, час контакту води з завантаженням і ступінь поліпшення якості очищеної води в порівнянні з вихідною (ефективність очищення,  $\alpha$ ).

Якість вихідної і відфільтрованої води оцінювалося за показниками: рН, кольоровість, каламутність, твердість загальна, лужність загальна, сухий залишок, вміст заліза, марганцю, хлору активного загального, перманганатної окиснюваності (ПО). За різницею концентрацій компонентів у вихідній та очищеній воді визначався ступінь вилучення компонента (ступінь ефективності очищення) по відношенню до його вихідної концентрації.

Оскільки вихідна концентрація ряду компонентів (каламутність, лужність загальна, сухий залишок, вміст заліза, марганцю) виявилася стабільно нижчою від вимог ДСанПін 2.2.4-171-10, а зміна їхніх концентрацій в результаті очищення була настільки малою, що нею можна знехтувати, то в якості цільових показників для проведення експериментальних досліджень були обрані: рН, твердість, хлор, ПО, вплив яких на якість питної води є найбільш істотним. Ці показники якості води визначалися згідно з методиками відповідних стандартів (ГОСТів) на питну воду згідно з ДСанПін 2.2.4-171-10.

#### **2.2.4.1 Методика визначення швидкості фільтрації**

Швидкість фільтрації визначалася на основі заміру часу, за який певний об'єм води (1 дм<sup>3</sup>) протікав через картридж після пропускання 1-го, 10-го, 50-го, 100-го і 150-го дм<sup>3</sup> води, за допомогою секундоміра (початок - в момент потрапляння води на картридж, закінчення - після проходження всієї води через отвори на кришці картриджа).

Швидкість фільтрації ( $v$ , дм<sup>3</sup>/хв) розраховувалася за формулою:

$$v = \frac{1}{\tau},$$

де  $\tau$  – час протікання 1 дм<sup>3</sup> води, хв;

1 – об'єм пропущеної води, а саме 1 дм<sup>3</sup>.

#### **2.2.4.2 Критерії порівняння оцінки ефективності очищення води**

Під час експерименту фіксувалися параметри вихідної моделі водопровідної води, а також води після проходження через картриджі на 10-му, 50-му, 100-му, 150-му літрах. У результаті дослідження були отримані такі дані:

- значення вмісту хлору у воді (в мг/дм<sup>3</sup>);
- значення вмісту іонів твердості води (в мг-екв/дм<sup>3</sup>);
- значення ПО води (в мг/дм<sup>3</sup>);
- швидкість фільтрації (в дм<sup>3</sup>/хв).

В якості критеріїв порівняння оцінки ефективності очищення води були використані усереднені показники (за 150 дм<sup>3</sup>) степені очищення води від хлору, твердості, ПО і часу контакту води з фільтруючим завантаженням.

### 2.2.5 Методи обробки результатів

У цьому розділі наведені методики розрахунків основних величин, що використовувалися під час дослідження картриджів.

Коефіцієнт заповнення картриджів ( $\omega$ ) ( $\omega_{\text{пр}}$  – для промислових картриджів та  $\omega_{\text{експ}}$  – для експериментальних картриджів) визначався за формулою:

$$\omega = \frac{V_{\text{зав}}}{V_{\text{ст}}} \cdot 100\%,$$

де  $V_{\text{зав}}$  – об'єм завантаження картриджів, см<sup>3</sup>.

$V_{\text{ст}}$  - об'єм стакану картриджу, см<sup>3</sup>.

Для оцінки впливу таких факторів, як об'єм завантаження, і швидкість фільтрації води на ефективність очищення води, в якості інтегрованого показника використовувався час контакту води з шаром завантаження картриджа ( $t_{\text{конт}}$ , хв), виражений в хвилинах:

$$t_{\text{конт}} = \frac{V_{\text{зав}}}{v},$$

де,  $V_{\text{зав}}$  – об'єм завантаження (дм<sup>3</sup>),

$v$  - швидкість пропускання води через картридж (дм<sup>3</sup>/хв).

Ефективність очищення води від забрудників ( $\alpha$ ), визначалася за формулою:

$$\alpha = \frac{C_{\text{вих}} - C}{C_{\text{вих}}} \cdot 100\%,$$

де  $C_{\text{вих}}$  – концентрація забрудника у вихідній воді, мг/дм<sup>3</sup>;

$C$  – концентрація забрудника після пропускання води через картридж, мг/дм<sup>3</sup>.

Середні значення ефективності очищення води ( $\alpha_{\text{сер}}$ , %) за 150 дм<sup>3</sup> визначалися за формулою:

$$\alpha_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=10 \dots 150}^{n=10 \dots 150} \alpha_i \cdot (V_{i+1} - V_i)}{150},$$

де  $\alpha_i$  – ефективність очищення води від забрудника на  $i$ -му дм<sup>3</sup>, %;

$V_i$  – об'єм пропущених  $i$  дм<sup>3</sup> води.

Усереднені значення швидкості фільтрації та часу контакту води з завантаженням визначалися за аналогією.

## 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

### 3.1 Порівняльне дослідження властивостей промислових картриджів

У ході експерименту було визначено якісний та кількісний склад картриджів, а також середнє значення швидкості фільтрації, часу контакту води з фільтруючим шаром, і ефективності очищення води картриджами від хлору, іонів твердості, ПО при пропусканні 150 дм<sup>3</sup> води.

#### 3.1.1 Оцінка якісного та кількісного складу завантаження картриджів

Для визначення якісного і кількісного складу картриджів, було проведено їх розтин. У результаті розтину картриджів можливо було візуально оцінити їх конструктивні особливості, склад завантаження картриджу, визначити об'єми стакану картриджу і самого завантаження.

Фактичні конструктивні характеристики картриджів і особливості завантажень представлені в таблиці 3.1. Усі картриджі містили у складі завантаження кокосове активоване вугілля та слабокислотний катіоніт. У якості верхнього дренажу у всіх картриджах розміщена поліпропіленова сітка, що перешкоджає виносу фільтруючих матеріалів.

Таблиця 3.1. Особливості завантажень в картриджах різних виробників

Номер картриджу	Об'єм стакану картриджу, см <sup>3</sup>	Об'єм завантаження картриджу, см <sup>3</sup>	Щільність упаковки (коефіцієнт завантаження), %	Матеріали нижнього дренажу
I	152	144	96	Нетканий матеріал
II	170	118	69	Нетканий матеріал
III	117-120	76	63	Нетканий матеріал

*Продовження таблиці 3.1*

IV	200-210	AB+ Іонообмінна смола – 85 мл. Загальний об'єм – 150 см <sup>3</sup>	75	Перегородка з нетканого матеріалу. Знизу, зверху картриджа і між шарами завантаження є 3 пластикові гратчасті перегородки
V	117	100	85	Поролон
VI	117	100	85	Поролон
VII	175	136	77	Нетканий матеріал

Фотографії завантажень картриджів зазначених у таблиці 3.1 представлені на рис. 3.1 - 3.7.



Рис. 3.1 – Завантаження картриджу I.





Рис. 3.2 - Завантаження картриджу II.



Рис. 3.3 - Завантаження картриджу III.

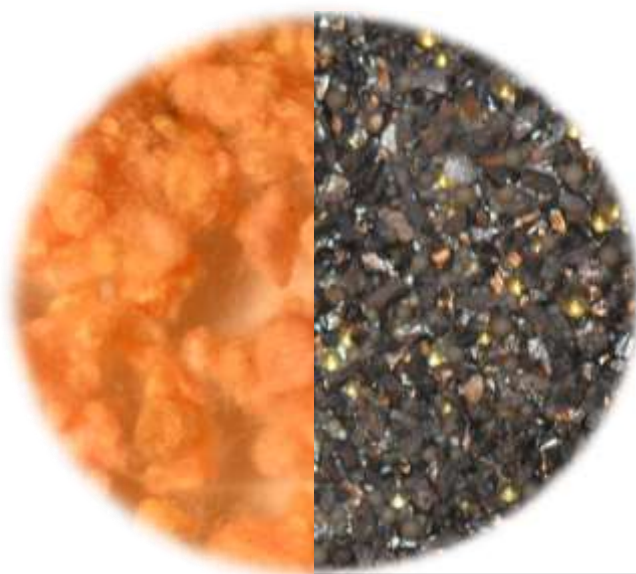


Рис. 3.4 - Завантаження картриджу IV.



Рис. 3.5 - Завантаження картриджу V.



Рис. 3.6 - Завантаження картриджу VI.

Рис. 3.7 - Завантаження картриджу VII.

З даних таблиці 3.1 і рисунків 3.1 - 3.7 видно, що в основному вміст завантаження картриджів різних виробників схожий і складається з кокосового активованого вугілля та слабокислотного катіоніту у якості іонообмінного матеріалу. Виключенням є картридж IV, завантаження якого складається з 2-х шарів: основної фільтруючої суміші (з АВ та іоніту) і з шару волокнистого матеріалу. Основною відмінністю між картриджами різних виробників є об'єм їх завантаження, коефіцієнт заповнення картриджу завантаженням, а також тип дренажної системи.

### **3.1.2. Результати дослідження фільтруючих характеристик картриджів, що використовуються в фільтр-гличиках різних виробників.**

Усі отримані результати експерименту з дослідження фільтруючих характеристик промислових картриджів представлені на рисунках 3.8 – 3.17 та у таблиці 3.2.



На рисунку 3.8 наведені криві зміни швидкості фільтрації на картриджах, з яких видно, що майже на всіх картриджах швидкість фільтрації на проміжку 10-150 дм<sup>3</sup> пропущеної води зменшується у незначній степені і залишається практично стабільною. Виключеннями є картриджі V і VI, де відбувається різке зниження швидкості протягом пропускання 10-100 дм<sup>3</sup> води.

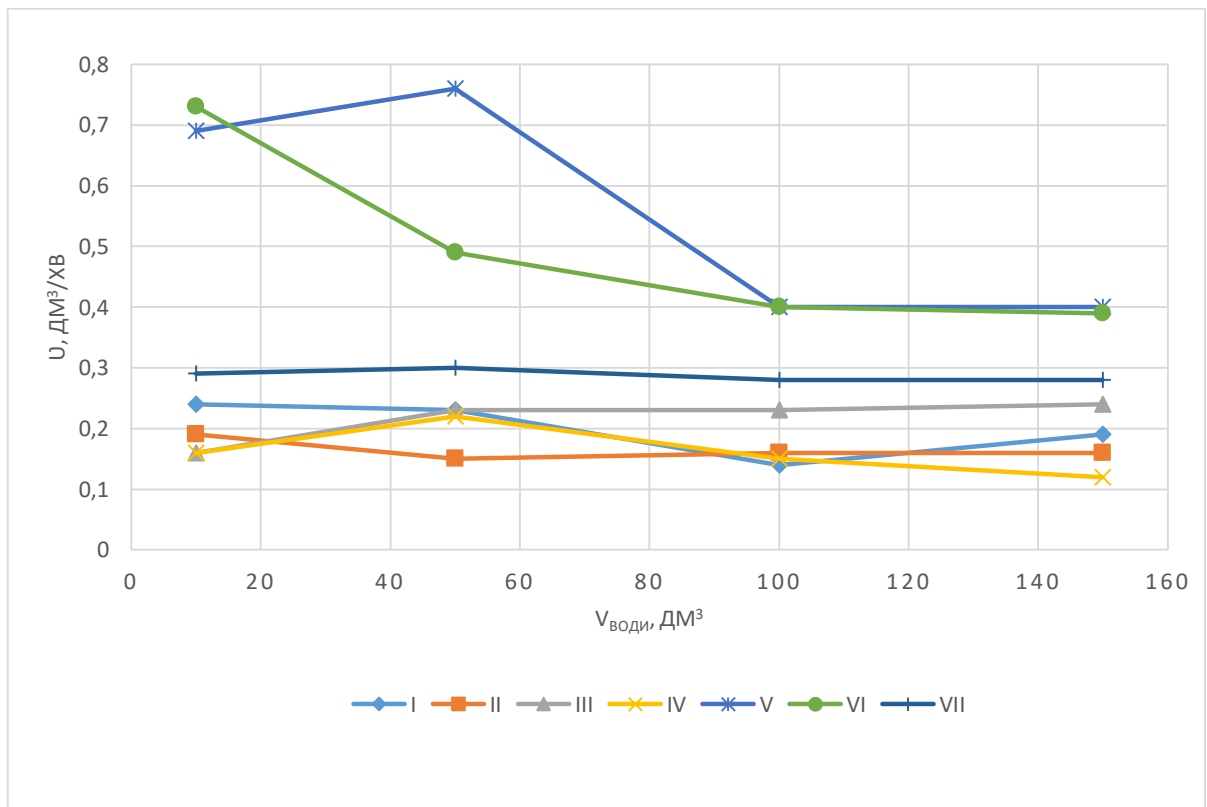


Рисунок 3.8 - Залежність швидкості фільтрації ( $v$ , дм<sup>3</sup>/хв) від об'єму пропущеної води через картриджі різних виробників.

На рисунках 3.9 - 3.15 зображені криві залежності ступеню очищення води від забрудників протягом пропускання 10-150 дм<sup>3</sup> води на картриджах I - VII.

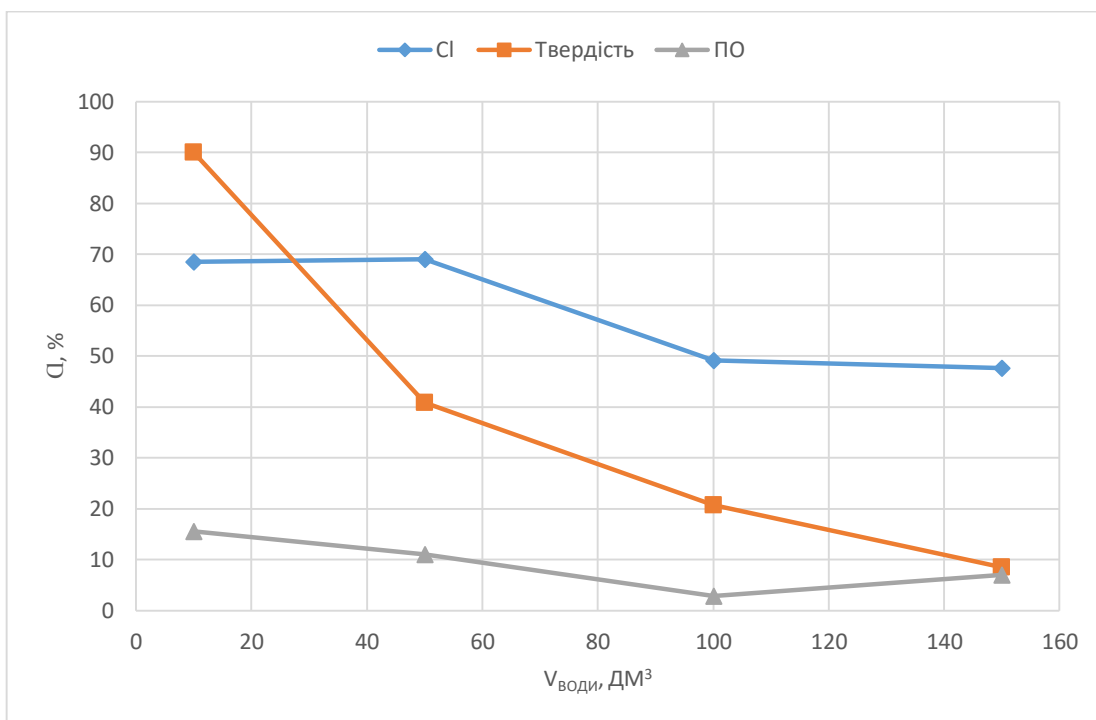


Рисунок 3.9 - Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі І.

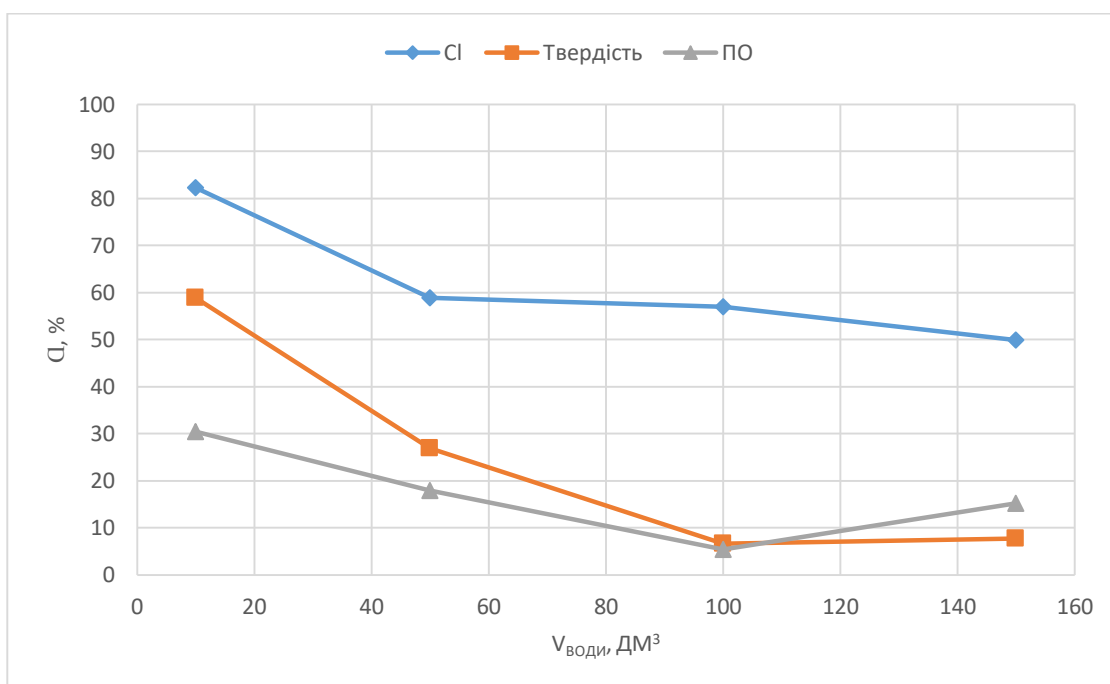


Рисунок 3.10 - Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі ІІ.

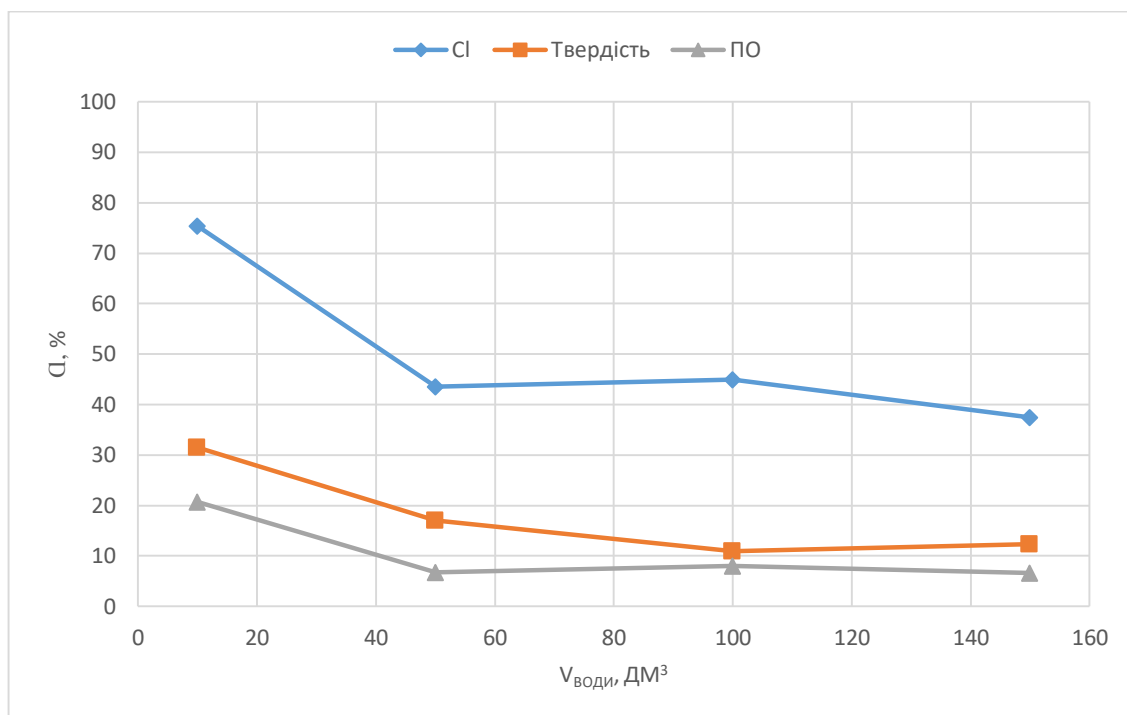


Рисунок 3.11 - Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі ІІІ.

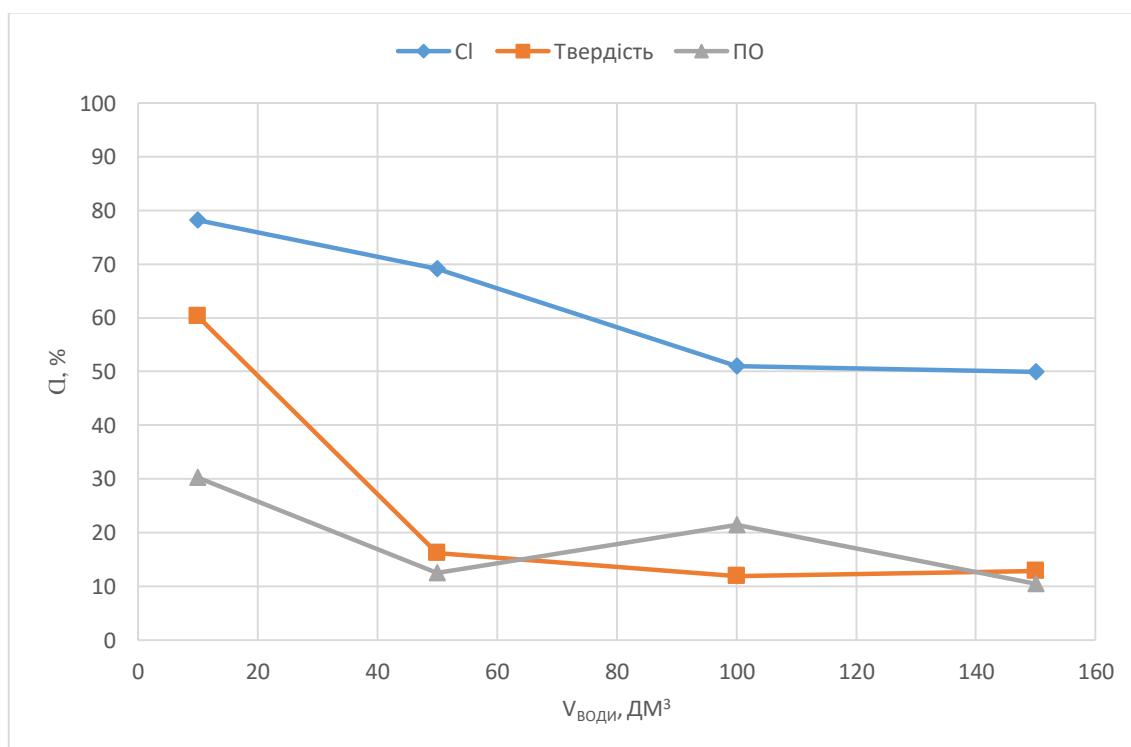


Рисунок 3.12 Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі ІV.

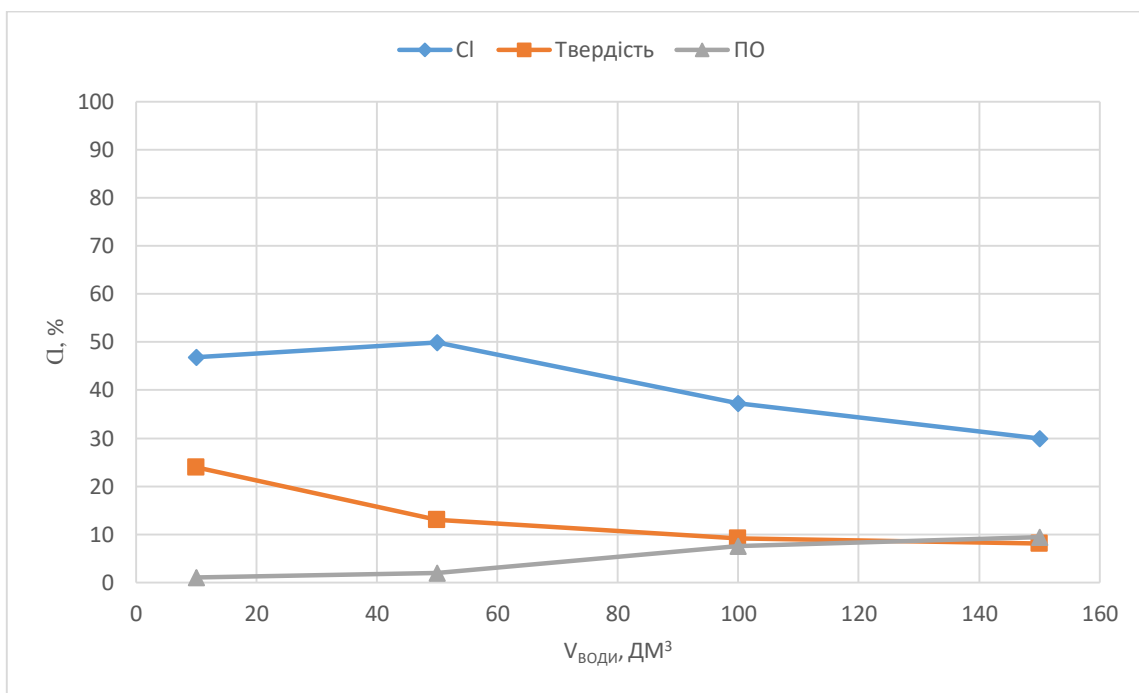


Рисунок 3.13 - Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі V.

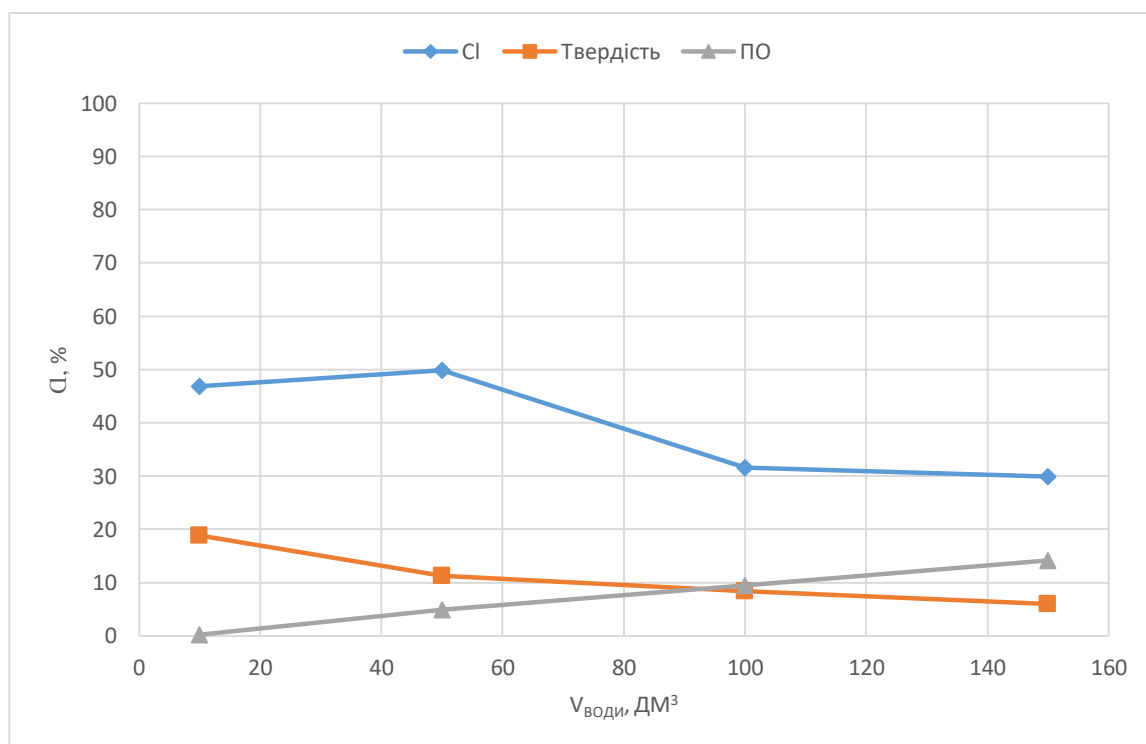


Рисунок 3.14 - Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі VI.

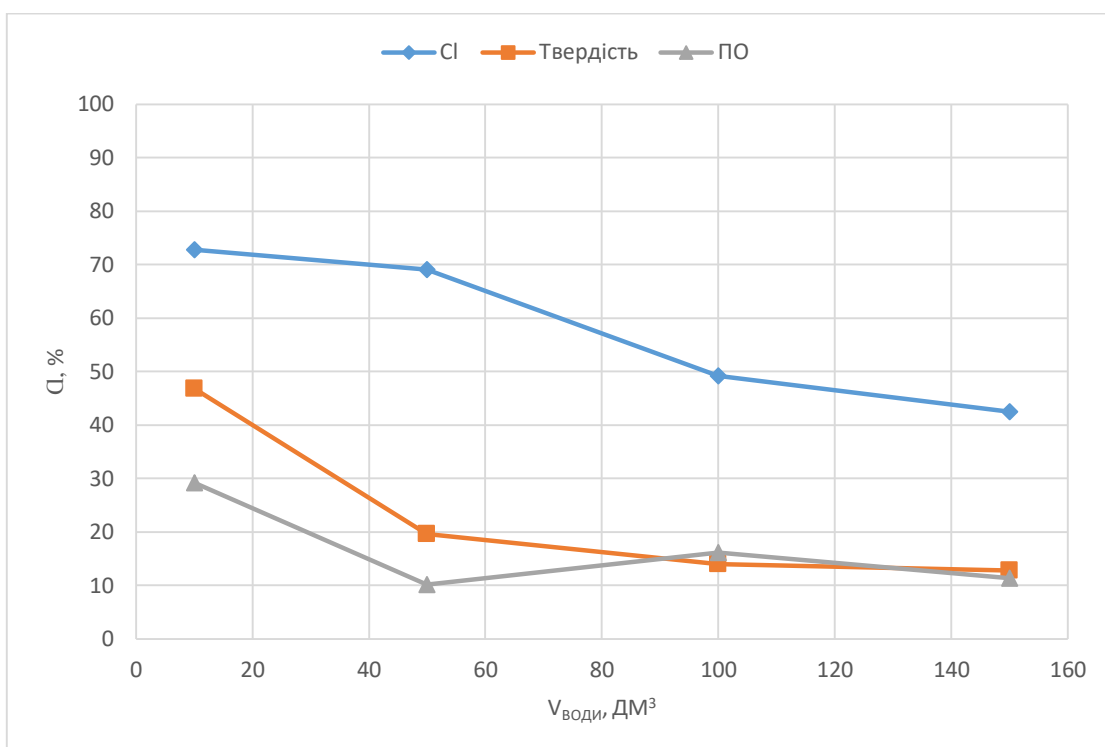


Рисунок 3.15 - Залежність ступеню очищення від забрудників ( $\alpha$ , %) від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}, \text{дм}^3$ ) на картриджі VII.

Як видно з рисунків 3.9 – 3.15, загалом, при фільтруванні води на картриджах I-VII, на протязі 1-150  $\text{дм}^3$  ефективність очищення води від хлору, твердості і ПО поступово зменшується, оскільки відбувається виснаження фільтруючих матеріалів завантаження картриджів. Особливо треба зауважити, що ефективність очищення води від забрудників досягає максимуму на 10-50  $\text{дм}^3$  пропущеної води і далі значно знижується. Виняткові випадки зростання ефективності очищення води від ПО на картриджах V і VI в разі пропускання 50-150  $\text{дм}^3$  води можна пояснити різким підвищенням часу контакту між водою і завантаженням, що в свою чергу викликано зниженням швидкості фільтрації (рис. 3.8).

Таблиця 3.2. Результати ефективності очищення води на картриджах різних виробників (усереднена за 150 дм<sup>3</sup>).

Н о м е р к а р т р и д ж у	Середня ступінь очищення за 150 дм <sup>3</sup> , %			Об' 'є м зав ан та же нн я, дм	Ш ви дк іс ть фі ль тр ац ії, д м <sup>3</sup> /х в	t к о н т х в
		П	Т ве р ді ст ь			
I	55,3	7 , 2	2 6, 6	0,1 44	0, 19	0 , 7 6
II	56,8	1 3 , 7	1 5, 9	0,1 18	0, 16	0 , 7 4
III	44,1	8 , 0	1 4, 4	0,0 76	0, 23	0 , 3 3
IV	57,3	1 5 , 9	1 6, 6	0,1 50	0, 16	0 , 9 4
V	38,8	6 , 3	1 0, 8	0,1 00	0, 52	0 , 1 9
VI	36,9	9 , 2	9, 1	0,1 00	0, 44	0 ,

					2
					3
V		1	1	0,1	0
II	53,8	3	7,	40	, 4
		8	3	29	8

Залежність усереднених за 150 дм<sup>3</sup> величин ступеню очищення води (від забрудників) від часу контакту між водою та завантаженням наведена на Рисунку 3.16.

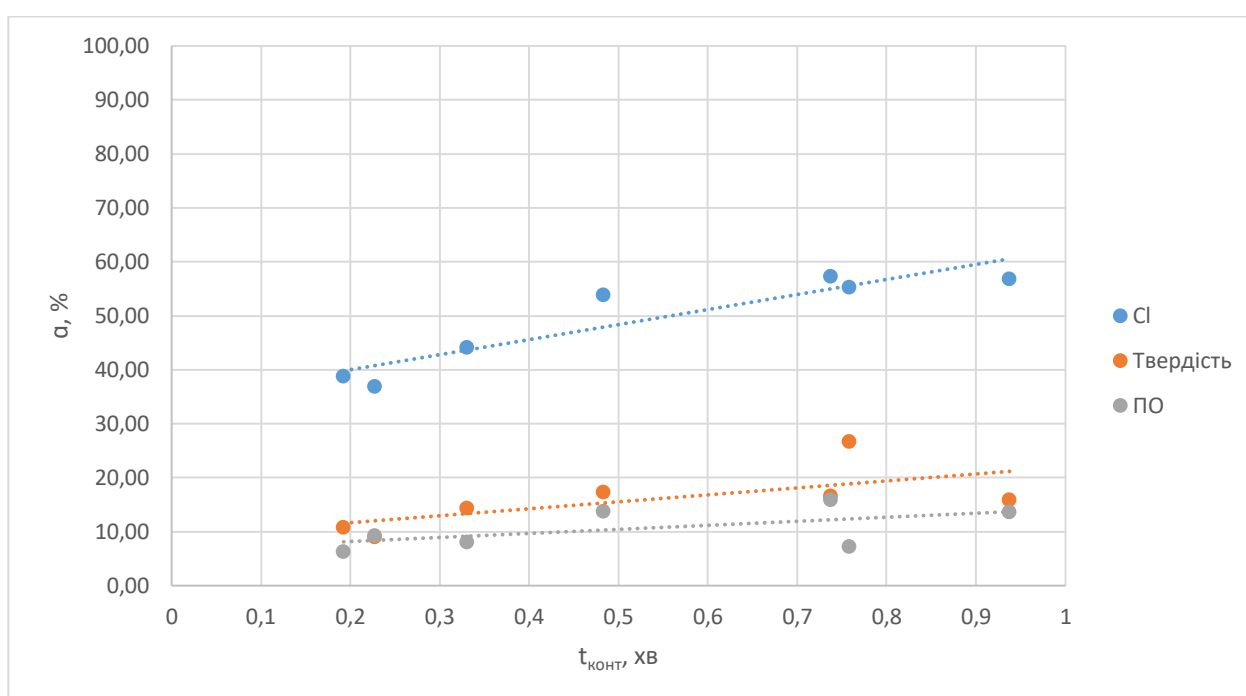


Рисунок 3.16 – Вплив часу контакту ( $t_{\text{конт}}, \text{хв}$ ) на ефективність очищення води ( $\alpha, \%$ ) від хлору, твердості і ПО.

Аналіз отриманої інформації про досліджувані промислові картриджі показав наступне:

1. Картриджі різних виробників заповнені фільтруючими завантаженнями, що мало відрізняються один від одного за складом і включають активоване вугілля на основі шкаралупи кокосового горіха, іонообмінні матеріали з карбоксильними функціональними групами, інертні матеріали, і компоненти, що містять срібло. Всі

досліджені картриджі є практично повними фізико-хімічними аналогами. Співвідношення компонентів вугілля : іоніт в суміші також мало відрізняється в різних картриджах і становить (1,2 - 1,3) : 1 для всіх досліджених зразків.

В той же час розміри картриджів і, відповідно, об'єми завантаження суттєво розрізняються і коливаються в інтервалі від 75 до 150 см<sup>3</sup>, а коефіцієнт заповнення картриджів завантаженням також розрізняється і складає від 63 до 96%.

2. Оцінка ефективності досліджених картриджів по відношенню до хлору показала, що середній ступінь зниження цього показнику в інтервалі 1-150 дм<sup>3</sup> пропущеної води складає 37-57% для всіх картриджів. При цьому після пропускання перших 10 дм<sup>3</sup> води, ефективність її очищення сягає 83 %, а після пропускання 150 дм<sup>3</sup> – 30-50%.

Оцінка ефективності досліджених картриджів по відношенню до окиснюваності та твердості показала, що ступінь зниження цих показників в інтервалі 1-150 дм<sup>3</sup> пропущеної води не перевищує 26 %. При цьому після пропускання перших 10 дм<sup>3</sup> води, ефективність її очищення від твердості сягає 90 %, після пропускання 150 дм<sup>3</sup> – 6-13 %, а при очищенні води від ПО ці показники сягають 30 % після пропускання 10 дм<sup>3</sup> води, і 7-15% - після пропускання 150 дм<sup>3</sup>.

Найбільше зниження концентрації всіх досліджуваних домішок відбувається в інтервалі пропускання 1-50 дм<sup>3</sup> води для всіх випробуваних картриджів, а потім суттєво знижується, в першу чергу, за рахунок наступного виснаження сорбційної ємності компонентів завантаження.

3. Ступінь очищення води від досліджуваних домішок в значній мірі визначається часом контакту води з завантаженням картриджу. При цьому час контакту води з фільтруючим завантаженням у найбільшій мірі впливає на показник ефективності очищення води від хлору, тоді як на ефективність очищення від твердості і ПО – менш суттєво.



Оптимальним для досягнення найбільш ефективного очищення води за сукупністю показників (твердість, хлор, ПО) в інтервалі 1-150 дм<sup>3</sup> є час контакту води з фільтруючим завантаженням – 0,75 – 1,0 хв.

Загалом можна відзначити наступне:

Інформація, яку надають виробники промислових картриджів, про ефективність очищення води від домішок не відповідає дійсності, і по факту є завищеною.

Аналіз інформації щодо роботи промислових картриджів показав можливість суттєвого підвищення їхньої ефективності за рахунок створення оптимальних умов експлуатації. Нами доведено, що основним фактором, що впливає на ступінь очищення води від хлору, органічних домішок і іонів твердості є час контакту води, що очищується, з фільтруючим завантаженням. Таким чином, подальші рішення щодо поліпшення роботи картриджів повинні бути спрямовані на створення умов, які дозволяють підтримувати час контакту води з завантаженням в оптимальному інтервалі, що дозволить отримати максимальну ефективність очищення води від забрудників.

### 3.2 Створення експериментальних картриджів з покращеними характеристиками

Згідно з проаналізованими даними, що були отримані у результаті дослідження промислових картриджів, були сформульовані такі основні вимоги, яким має відповідати фільтруючий картридж з покращеними характеристиками:

1) *Ресурс картриджу має бути 150 дм<sup>3</sup>*. Це пояснюється тим, що після пропущених 150 дм<sup>3</sup> фільтруючі властивості завантаження картриджу значно знижуються за рахунок виснаження сорбційних властивостей матеріалів. Так, регламентований вміст хлору у водопровідній воді складає 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, але щоб не відчувати запах і смак хлору при споживанні води, його концентрація повинна бути не більше за 0,2 мг/дм<sup>3</sup>. Саме тому, щоб питна вода відповідала цьому критерію, картриджі повинні видаляти як мінімум 60% хлору з водопровідної води. Однак, як стало видно з результатів експериментів, наведених у попередньому розділі, вже при фільтрації 150-го дм<sup>3</sup> води, більшість картриджів видаляють менш ніж 50% хлору, що вказує на виснаження їх ресурсу за цим показником, а отже і неефективність для подальшого використання. З іншої сторони, ресурс не має бути і меншим за 150 дм<sup>3</sup>, оскільки занадто низький ресурс не буде привабливим для споживача при виборі картриджу.

Крім того, при довготривалому використанні картриджу, підвищується вірогідність його вторинного мікробіологічного зараження, що робить воду, пропущену через картридж, небезпечною для споживання.

2) Картридж має видаляти на протязі всього ресурсу у середньому:

- Хлор – не менше 70%;
- ПО – не менше 15%;
- Твердість води – не менше 15%.

При цьому ступінь очищення води від хлору на 150 дм<sup>3</sup> пропущеної води має бути не меншим за 60%.

3) Час контакту води з фільтруючим завантаженням має бути у межах 0,75 - 1 хв, а швидкість фільтрації – не нижча за 100-120 см<sup>3</sup>/хв.

### **3.2.1 Пошук оптимуму**

Для того, щоб створити картридж з оптимальними властивостями, необхідно враховувати деякі важливі постійні та змінні фактори.

До постійних факторів відносяться:

1) Конструкційні параметри картриджу, такі як:

- Форма картриджу;
- Висота картриджу;
- Об'єм картриджу.

Нами був обраний картридж, зображений на рис. 2.2.

2) Вміст активних фільтруючих компонентів, що входять до завантаження картриджу, таких як:

- Активоване вугілля зі шкаралупи кокоса;
- Іонообмінний матеріал з карбоксильними групами;
- Компонент, що містить срібло.

Змінні фактори і їх залежність між собою відображені на рис. 3.17:



Рисунок 3.17 – Змінні фактори, що впливають на ефективність роботи картриджу.

Далі наведені результати впливу всіх перерахованих змінних факторів на час контакту та ефективність видалення хлору, твердості та ПО.

### 3.2.1.1 Визначення впливу гранулометричного складу сорбційних матеріалів завантаження.

Таблиця 3.3 – Характеристики картриджів, що використовувалися при дослідженні впливу гранулометричного складу завантаження на ефективність їх роботи.

Номер картриджу	Об'єм завантаження, см <sup>3</sup>	Склад завантаження + гран. склад			
		Розмір гранул вугілля, мм	Ефект. розмір смоли, мм	Матеріал дренажу	
				Верхній	Нижній
1	100	1,7x0,425	0,47	ПП сітка	нетканий матеріал
2	100	0,6x0,25	0,47	ПП сітка	нетканий матеріал
3	100	0,6x0,25	0,225	ПП сітка	нетканий матеріал
4	100	0,3x0,15	0,225	ПП сітка	нетканий матеріал

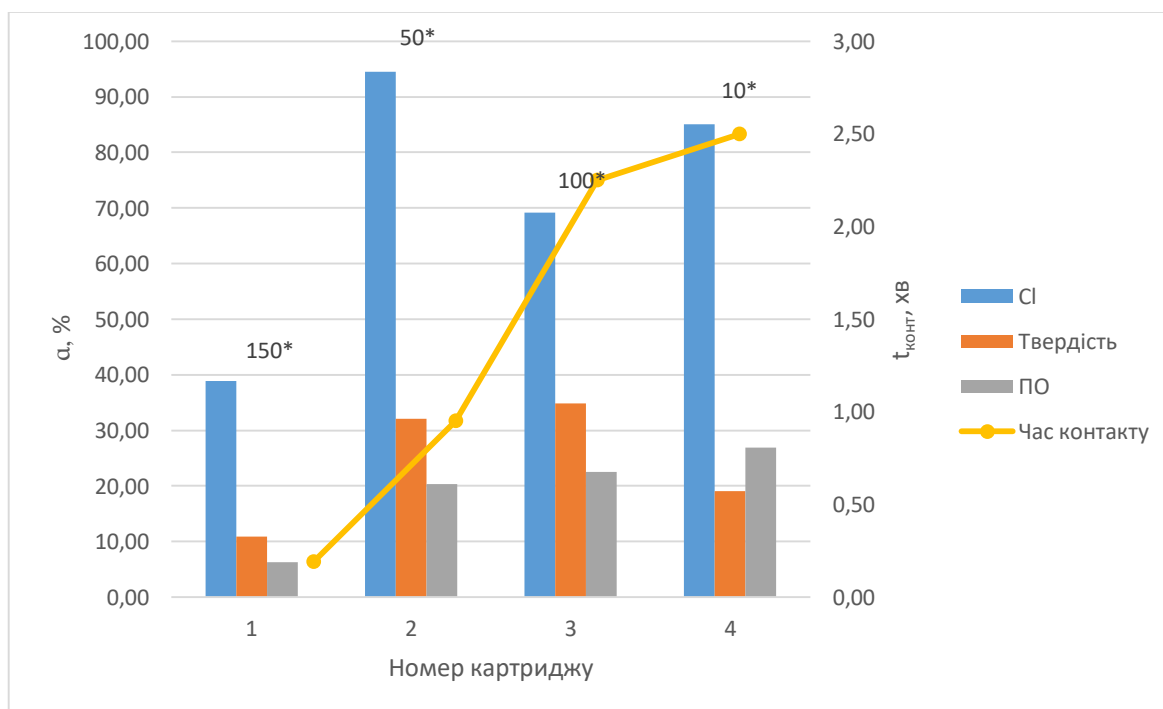


Рисунок 3.18 - Залежність ефективності очищення води і часу контакту від гранулометричного складу завантаження.

Примітка: \* - кількість пропущених  $\text{дм}^3$  води через картридж до його зупинки.

З аналізу рисунку 3.18 можна зробити такі висновки:

1) Використання в складі завантаження дрібної фракції активованого вугілля ( $0,3 \times 0,15$  мм) і смоли ( $0,225$  мм) призводить до підвищення ступеня очищення води (особливо щодо хлору), проте це супроводжується недопустимим збільшенням часу контакту компонентів завантаження з водою (до 2 хв) та блокуванням фільтраційного шару після пропускання лише  $10 \text{ дм}^3$  води. Зниження швидкості фільтрації відбувається в зв'язку з поступовим ущільненням шару завантаження, що складається з дрібних гранул, під впливом потоку води, а також закупорювання цими гранулами пористої структури матеріалу нижнього дренажу (картридж 4).

2) Використання в складі завантаження крупної фракції активованого вугілля ( $1,7 \times 0,425$  мм) і смоли ( $0,47$  мм) призводить до зниження часу контакту між водою і завантаженням, і зниження ступеня очищення води за всіма забрудниками до рівня меншого, за сформульовані в розділі 3.2. (картридж 1).

3) Картриджі з завантаженнями з активованого вугілля з фракційним складом  $0,6 \times 0,25$  мм, смоли з ефективним діаметром зерен  $0,225$  мм або  $0,47$  мм дозволили підтримувати час контакту води з завантаженням на рівні  $1,19 - 2,35 \text{ дм}^3/\text{хв}$ . Як результат, для цих картриджів спостерігалися найвищі і стабільні показники якості очищення, тому для подальшого дослідження був обраний саме такий гранулометричний склад завантаження (картриджі 2, 3).

Однак, час контакту на картриджах 2 і 3 виявився таким, що перевищує критерії, встановлені у розділі 3.2, а блокування картриджу відбувалося після пропускання об'єму води, що не досягав  $150 \text{ дм}^3$ . Отже, задля зменшення часу контакту води з завантаженням і уникнення блокування картриджу, у його склад

було вирішено додати інертний матеріал, який здатний прискорити протікання води через фільтруючу суміш.

### 3.2.1.2 Визначення впливу кількості інертного матеріалу у складі завантаження.

Для дослідження впливу кількості інертного матеріалу у складі фільтруючого завантаження на ефективність очищення води були розроблені картриджі 5 - 9 з такими характеристиками:

- об'єм завантаження – 100 см<sup>3</sup>;
- розмір гранул вугілля - 0,6х0,25 мм;
- ефективний розмір смоли - 0,225 мм;
- верхній дренаж – ПП сітка;
- нижній дренаж – нетканий матеріал;
- інертний матеріал – ПП волокно варійованої кількості: 0, 0.9, 1, 1.5, 2 г відповідно.

1.5, 2 г відповідно.

Результати дослідження наведені на рисунку 3.19.

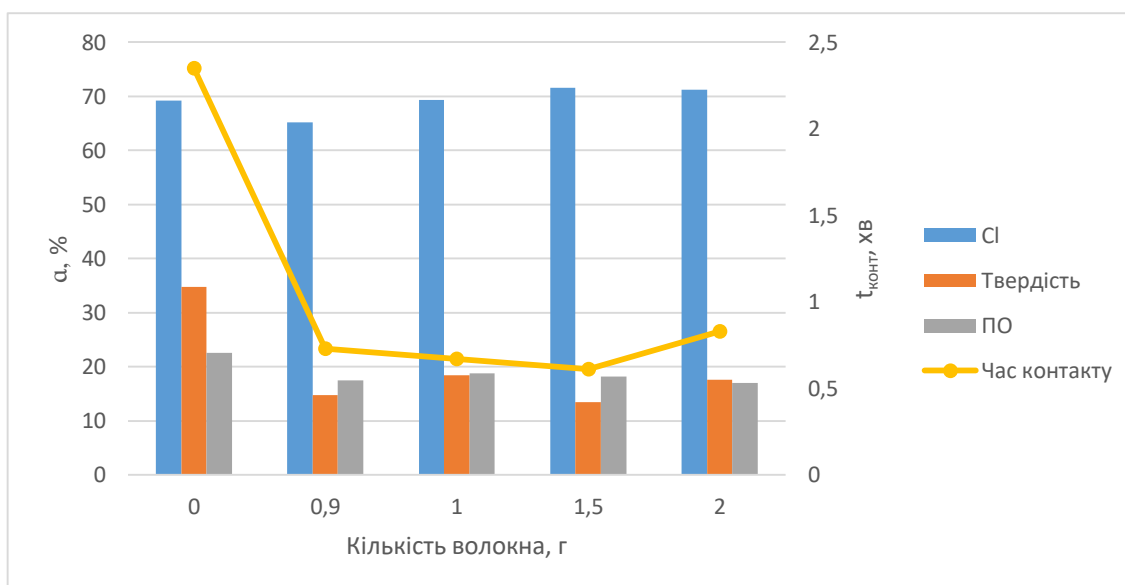


Рисунок 3.19 - Залежність ефективності очищення води (α, %) і часу контакту від кількості ПП волокна у завантаженні.

Як видно з рисунку 3.19, введення волокна в кількості від 0,9 до 2 г дозволяє значно зменшити час контакту води з завантаженням. Разом з тим, при додаванні різної кількості волокна, можна спостерігати різні ступені видалення з води цільових забруднюючих компонентів, що, мабуть, пов'язано з екрануванням сорбційної поверхні гранул компонентів завантаження. Для підтримання необхідного часу контакту і оптимальної ефективності очищення води від забрудників, найбільш доцільним є використання в завантаженнях волокна у кількості 1 г.

### **3.2.1.3 Визначення впливу коефіцієнту заповнення картриджу.**

У цьому розділі описані результати впливу коефіцієнту заповнення картриджів завантаженням (щільності упаковки) на ефективність очищення води від хлору, твердості і ПО. Для цього були створені картриджі 10 - 12, з такими характеристиками:

- об'єм завантаження – 100 см<sup>3</sup>;
- розмір гранул вугілля - 0,6х0,25 мм;
- ефективний розмір смоли - 0,225 мм;
- верхній дренаж – ПП сітка;
- нижній дренаж – нетканий матеріал;
- інертний матеріал (ПП волокно) - 1 г.

Коефіцієнти заповнення картриджів 10-12 склали відповідно 0.25, 0.53 і 0.66 г/дм<sup>3</sup>.



Таблиця 3.4 – Дослідження ефективності очищення води від хлору на картриджах залежно від їх коефіцієнту заповнення.

№	Коефіцієнт заповнення, г/дм <sup>3</sup>	Час контакту, хв	Ефективність очищення від хлору, %				
			10 дм <sup>3</sup>	50 дм <sup>3</sup>	100 дм <sup>3</sup>	150 дм <sup>3</sup>	Середня
10	0,25	0,71	74,5	*	*	*	74,5
11	0,53	0,53	89,4	*	*	*	89,4
12	0,66	0,74	89,4	62,5	66,7	71,1	68,56

Примітка: \* - Дослідження були зупинені через блокування фільтраційного шару.

Таблиця 3.5 – Дослідження ефективності очищення води від твердості на картриджах залежно від їх коефіцієнту заповнення.

№	Коефіцієнт заповнення, г/дм <sup>3</sup>	Час контакту, хв	Ефективність очищення від твердості, %				
			10 дм <sup>3</sup>	50 дм <sup>3</sup>	100 дм <sup>3</sup>	150 дм <sup>3</sup>	Середня
10	0,25	0,71	21,5	*	*	*	21,50
11	0,53	0,53	41,0	*	*	*	41,00
12	0,66	0,74	41,8	21,6	11,5	7,4	14,85

Примітка: \* - Дослідження були зупинені через блокування фільтраційного шару.

Таблиця 3.6 – Дослідження ефективності очищення води від ПО на картриджах залежно від їх коефіцієнту заповнення.

№	Коефіцієнт заповнення, г/дм <sup>3</sup>	Час контакту, хв	Ефективність очищення від ПО, %				
			10 дм <sup>3</sup>	50 дм <sup>3</sup>	100 дм <sup>3</sup>	150 дм <sup>3</sup>	Середня
10	0,25	0,71	14,0	*	*	*	14,00
11	0,53	0,53	22,6	*	*	*	22,60
12	0,66	0,74	22,6	22,9	7,8	17,4	16,01

Примітка: \* - Дослідження були зупинені через блокування фільтраційного шару.

З таблиць 3.4 – 3.6 видно, що з трьох досліджених зразків картриджів, картриджі 10 та 11 з коефіцієнтом заповнення 0,25 і 0,53 г/дм<sup>3</sup> виявилися неефективними, через блокування фільтраційного шару вже на 50-му дм<sup>3</sup>

пропущеної води. Це можна пояснити тим, що під час фільтрації, під тиском води, фільтруючий матеріал завантаження спресовується і у картриджі між шаром завантаження і дренажною ПП сіткою виникає простір, що заповнюється повітрям. Якщо цей простір занадто великий, то виникає «повітряна пробка», яка не дозволяє проходити воді всередині картриджу, через що фільтрація припиняється.

Однак, при коефіцієнті заповнення  $0,66 \text{ г/дм}^3$ , простір між фільтруючим завантаженням і ПП сіткою є таким, що не сприяє утворенню «повітряної пробки», і є оптимальним для проведення фільтрації води з необхідним часом контакту для ефективного видалення забрудників.

#### **3.2.1.4 Визначення впливу матеріалів дренажної системи картриджів.**

У цьому розділі був досліджений вплив застосування різних матеріалів верхньої і нижньої дренажної системи на час контакту води з завантаженням і ефективність очищення води від забрудників. Для цього було створено картриджі 13 – 15, характеристики яких наведені у таблиці 3.7.

Крім того, на протязі експерименту було помічено, що результати ефективності очищення води від забрудників при використанні слабокислотного катіоніту з ефективним розміром зерна  $0,225$  і  $0,47$  мм мало відрізнялися. Тому було прийнято рішення використовувати у картриджах 13 - 16 іоніт з ефективним розміром зерна смоли  $0,47$  мм, тобто без її попереднього розсіву. У якості картриджа-порівняння було обрано картридж 12, який виявився найкращим за результатами попереднього розділу.

Таблиця 3.7 – Характеристики картриджів, що використовувалися при дослідженні впливу матеріалів дренажної системи на ефективність їх роботи.

Номер картриджу	Щільність упаковки (коефіцієнт заповнення), г/см <sup>3</sup>	Об'єм завантаження, см <sup>3</sup>	Склад завантаження + гран. склад				
			Розмір гранул вугілля, мм	Ефект. розмір смоли, мм	Інертний матеріал, г	Матеріал дренажу	
						Верхній	Нижній
12	0,66	100	0,6х0,25	0,225	1	ПП сітка	нетканий матеріал
13	0,66	100	0,6х0,25	0,47	1	ПП сітка	нетканий матеріал
14	0,66	95	0,6х0,25	0,47	1	нетканий матеріал	поролон h=10 мм
15	0,66	95	0,6х0,25	0,47	1	нетканий матеріал	поролон h=5 мм

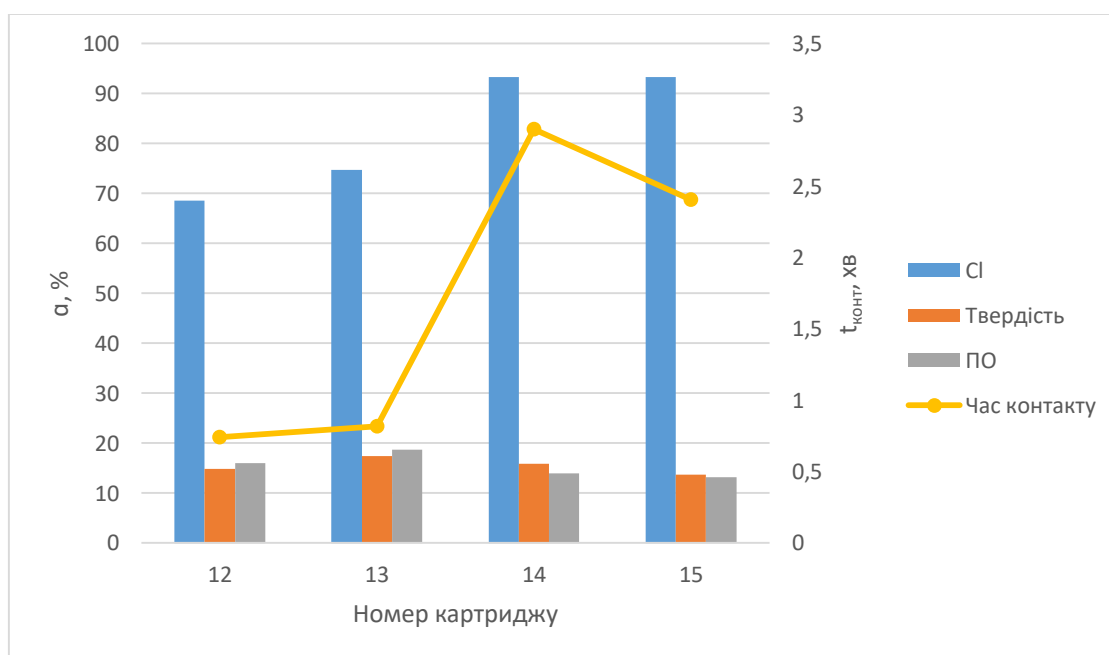


Рисунок 3.20 – Залежність ефективності очищення води і часу контакту від матеріалів дренажної системи картриджів.

З рисунку 3.20 видно, що при використанні поролону замість нетканого матеріалу у якості нижнього дренажу, підвищується час контакту до недопустимого рівня.

### 3.2.2 Характеристики найкращого картриджу

Таким чином, картридж з найкращими властивостями має у складі:

- кокосове активоване вугілля з розміром гранул вугілля -  $0,6 \times 0,25$  мм ( $55 \text{ см}^3$ );
- слабокислотний катіоніт з ефективним розміром зерна -  $0,47$  мм ( $45 \text{ см}^3$ );
- поліпропіленове волокно у кількості  $1$  г;
- у якості верхнього дренажу у картриджі використовується ПП сітка, а нижнього – нетканий матеріал.

За такою рецептурою було розроблено картридж і проведено контрольні іспити на водопровідній воді. Результати дослідження картриджу з оптимальними властивостями довели, що показники ефективності очищення води від хлору, ПО, твердості і час контакту на ньому повністю відповідають критеріям, встановленим у розділі 3.2.

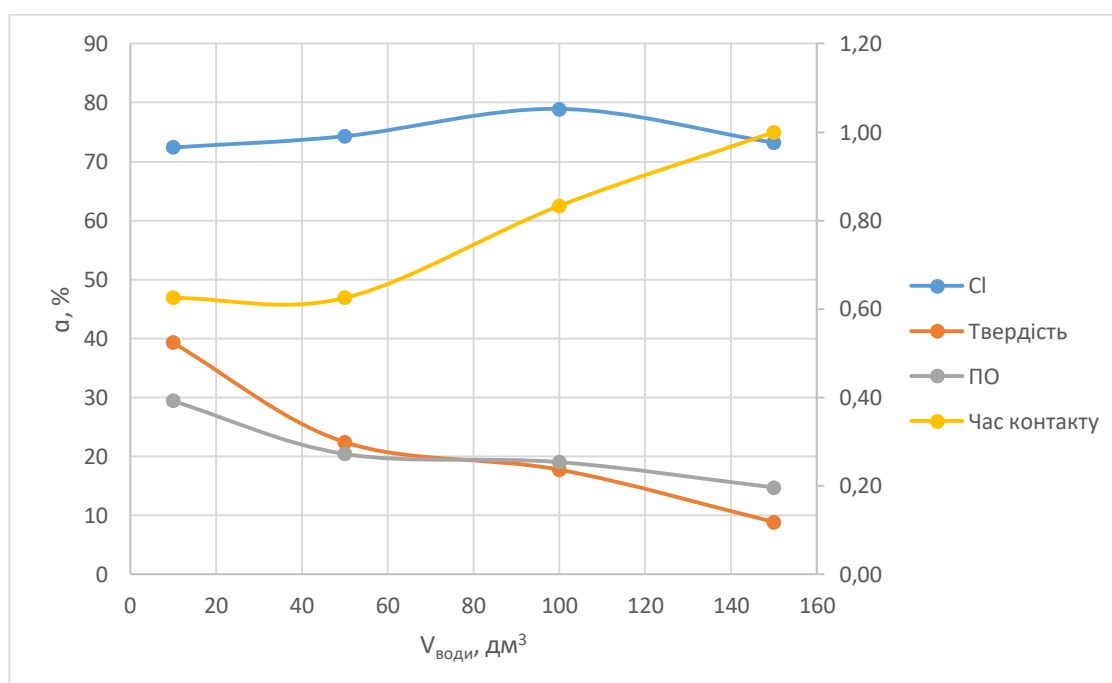


Рисунок 3.21 – Залежність ефективності очищення води від забрудників ( $\alpha$ , %) і часу контакту на картриджі з найкращими властивостями від об'єму пропущеної води ( $V_{\text{води}}$ ,  $\text{дм}^3$ ).

Середні показники ступеню очищення води (за  $150 \text{ дм}^3$ ) на цьому картриджі складають:

- Від хлору – 74,7%;
- Від твердості – 17,4%;
- Від ПО – 18,6%.

Усереднений (за  $150 \text{ дм}^3$ ) час контакту води з завантаженням – 0,82 хв.  
Середня (за  $150 \text{ дм}^3$ ) швидкість фільтрації –  $130 \text{ см}^3/\text{хв}$ .

Ці дані повністю відповідають критеріям, що були встановлені у розділі 3.2.

### **3.2.3 Порівняння промислових картриджів з картриджем з найкращими властивостями**

Показники ефективності фільтруючих характеристик обраного картриджу з найкращими властивостями було порівняно з картриджами, що промислово випускаються. На рисунках 3.22 – 3.24 зображені показники ефективності очищення води на картриджі з найкращими властивостями в порівнянні з промисловими картриджами.

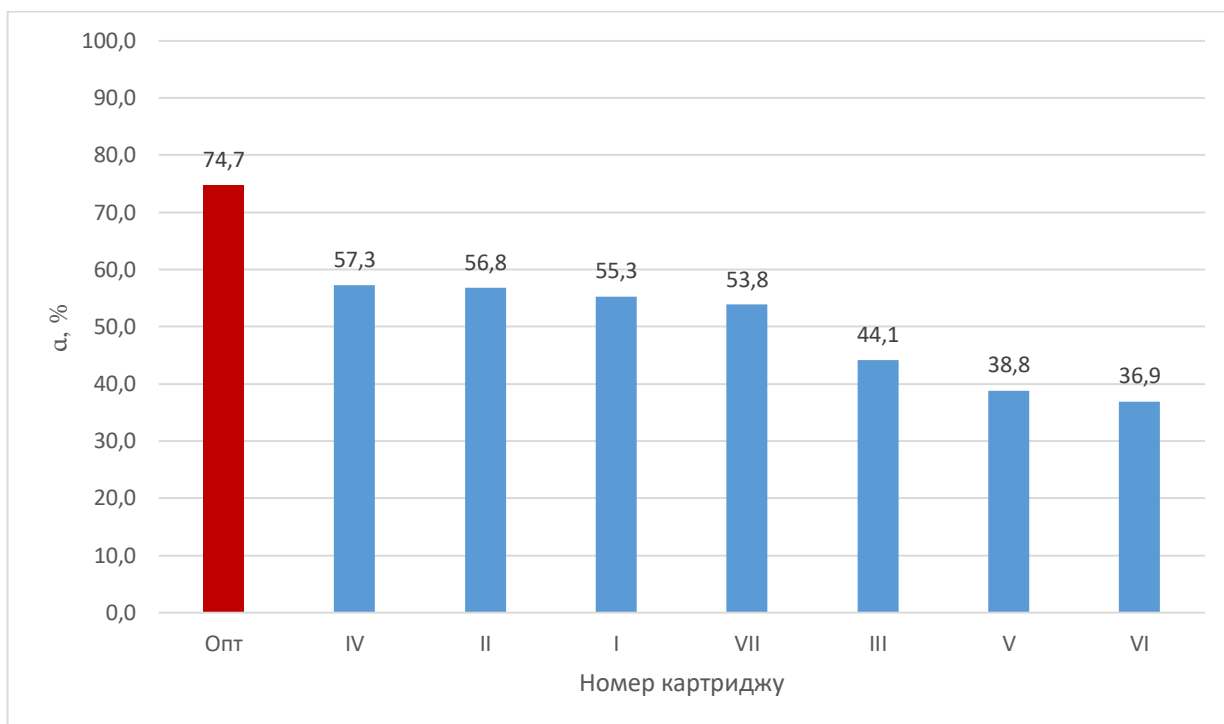


Рисунок 3.22 - Залежність ступеня очищення води від хлору на картриджах.

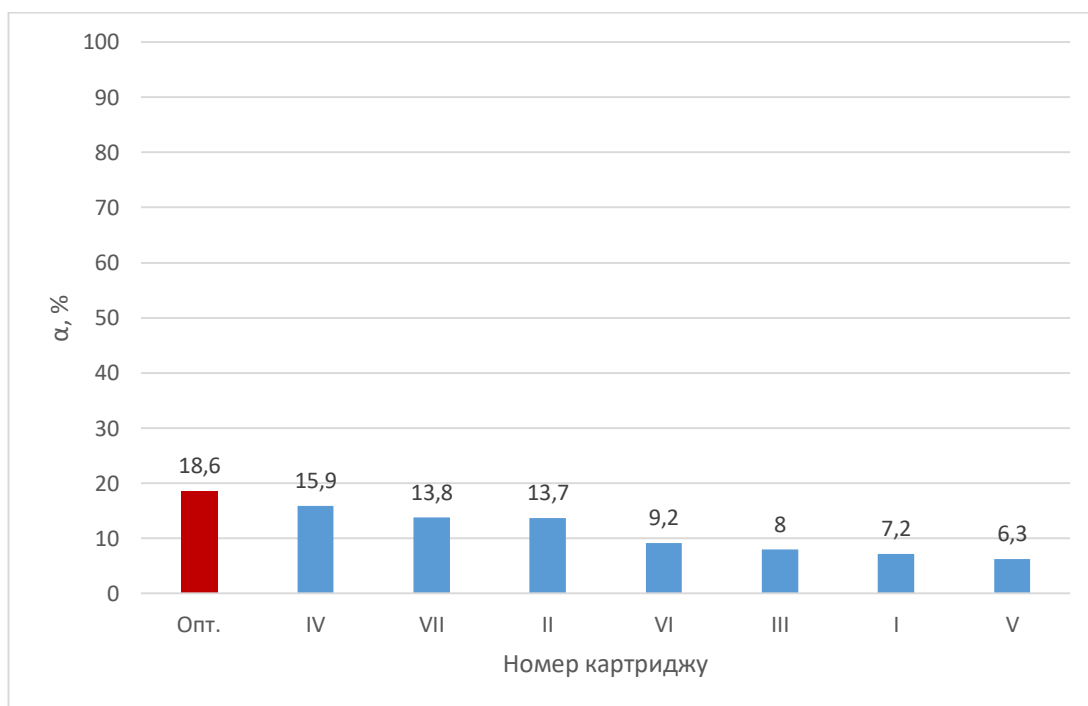


Рисунок 3.23 - Залежність ступеня очищення води від ПО на картриджах.

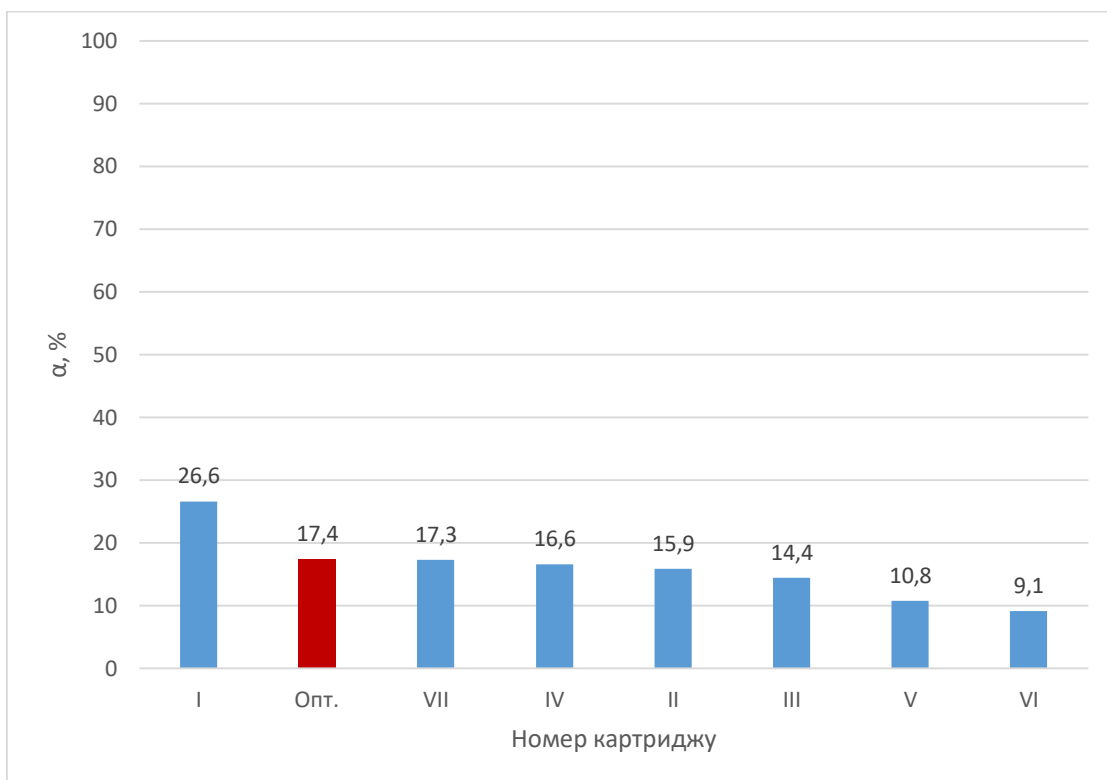


Рисунок 3.24 - Залежність ступеня очищення води від твердості на картриджах.

Як впливає з рисунків 3.22 - 3.24, ефективність очищення води на експериментальному картриджі з найкращими властивостями є найвищою серед усіх картриджів за показниками ступені очищення води від хлору і ПО. Щодо ефективності очищення води від твердості, то отриманий картридж уступає тільки картриджу спеціального призначення – для пом’якшення води.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час роботи у лабораторії використовуються шкідливі, подразнюючі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини та матеріали, використовується електрична, теплова енергія та енергія хімічних реакцій. Дана науково-дослідна робота виконувалася з урахуванням всіх вимог охорони праці.

На основі аналізу небезпечних і шкідливих факторів розроблено заходи з охорони праці, пожежної безпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### 4.1 Охорона праці

#### 4.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи охорони праці

##### 4.1.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, категорія робіт, що виконуються у лабораторії - II б (середньої важкості). У таблиці 5.1 наведено характеристику санітарних норм і фактичних значень параметрів мікроклімату для хіміко-технологічної лабораторії у таблиці 4.1.

До категорії II б належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Таблиця 4.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату в лабораторії

Категорія роботи	Період року	Параметр мікроклімату	Нормовані значення мікроклімату	
			Оптимальні	Фактичні
II б	Холодний	Температура, °C	17 – 19	18
		Відносна вологість повітря, %	40 – 60	50
		Швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,1
	Теплий	Температура, °C	20 – 22	21
		Відносна вологість повітря, %	40 – 60	55



*Продовження таблиці 4.1*

		Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,2
--	--	--------------------------------	-----	-----

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання (екрани і т. ін.), зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт, вказаних в таблиці 4.1. Перепад температури повітря по висоті робочої зони при забезпеченні допустимих умов мікроклімату не повинен бути більше 3 °С для всіх категорій робіт. У холодний період року фактичні значення параметрів мікроклімату утримуються за рахунок використання системи центрального водяного опалення.

Один раз на день вимірювалися параметри мікроклімату. Визначення температури здійснювалося за допомогою спиртового термометра, швидкості руху повітря – анемометрами, відносної вологості – за допомогою гідрометра.

В лабораторії присутні припливно-витяжна система вентиляції на вулицю, без додаткової обробки, пристрої для очищення повітря лабораторії. Необхідна температура і вологість повітря утримуються за допомогою водяного центрального опалення.

У таблиці 4.2 наведено коротку санітарну характеристику приміщення лабораторії.

Таблиця 4.2 – Коротка санітарна характеристика приміщення хіміко-технологічної лабораторії

Назва лабораторії	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, стандарт	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас лабораторії згідно з СН 245-71	Санітарна група лабораторного процесу згідно зі СНиП 2.09.04-87
	HCl 0,1 Н, внаслідок незакриття ємності	Подразнюючі, викликає хімічні опіки, запалення верхніх та глибинних органів дихання	1	II	Халат ГОСТ 12.4.103-83, напівмаска ГОСТ 12.4.034-85	Промивання місця ураження водою і 2% розчином NaHCO <sub>3</sub>	Періодичний контроль за допомогою індикаторних методів хімічного аналізу	V	1a
	NaOH 1Н, внаслідок незакриття ємності	Подразнюючі, викликає опіки, подразнює слизові оболонки	1	II		Промивання місця ураження водою і 5% розчином СН <sub>3</sub> СООН			
	Трилон Б 0,1 Н, внаслідок незакриття упаковки	Подразнюючі, речовина подразнює очі, шкіру і дихальні шляхи	5	III		Промивання місця ураження водою			

#### 4.1.1.2 Освітлення робочої зони

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006, в лабораторії виконуються зорові роботи IVa розряду. Використовується система природного бокового освітлення, що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішній стіні та система штучного загального рівномірного освітлення. Санітарні норми параметрів освітлення наведено в таблиці 4.3.

Фактичне значення освітленості при використанні штучного освітлення становить 400 лк, що відповідає нормі. В якості джерел штучного освітлення використовуються люмінесцентні світильники ВОД з лампами ЛБ, які розміщені у верхній зоні приміщення для здійснення загального рівномірного та загального локалізованого освітлення. Дані світильники за своєю будовою є захищеними від пилу, вологи і хімічно активного середовища.

Таблиця 4.3 – Санітарні норми і фактичні значення параметрів освітлення

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення				Природне освітлення		Суміщене освітлення	
		Освітленість, лк				КПО, ен, %			
		При системі комбінованого освітлення			При системі загального освітлення	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
		всього	у т. ч. від загального	Фактичне значення					
Середньої точності	IVa	750	200	400	300	4	1,5	2,4	0,9

Контроль освітленості проводиться один раз на півріччя та після кожного ремонту системи освітлення за допомогою люксметра Ю-116. Двічі на рік передбачено проводити чистку віконного скла та плафонів.

#### **4.1.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації**

Допустимий рівень звуку при виконанні висококваліфікованої роботи, вимірювальної та аналітичної роботи складає 60 дБА (ДСН 3.3.6.037-99). Фактичний рівень складає 42 дБА, що відповідає вимогам.

Джерелами шуму та вібрації при виконанні НДР у лабораторії була витяжна шафа. Загальний рівень шуму складав 32 дБА і не перевищував норми, а отже не впливав негативно на організм людини, тому немає необхідності розробляти додаткові заходи.

#### **4.1.1.4 Електробезпека**

Ураження людей електричним струмом можливе при порушенні електроізоляції, коли під напругою можуть опинитися струмопровідні елементи обладнання. У цьому випадку заходом запобігання ураження людей електричним струмом є ізоляція струмопровідних частин. Струмопровідною також є підлога.

Для захисту від ураження струмом використовується керамічна плитка. У лабораторії використовується електрообладнання, яке живиться від трьохфазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму з частотою 50 Гц та напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Ураження людини електричним струмом в умовах робочої зони може виникнути з умов дотику до металевих корпусів обладнання та незаземлених металевих предметів, які опинилися під напругою.

Джерелами ураження електричним струмом є випрямлячі, струмопровідники, а також металевий корпус лінії. Причиною ураження може

бути перехід напруги мережі 220 В у ланцюг живлення лінії в результаті порушення цілісності ізоляції.

Обраховуємо силу струму, що проходить крізь тіло людини при одно- і двофазному дотику до струмопровідних елементів, що перебувають під напругою:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_o}, \text{мА}, \quad (4.1)$$

де  $R_{\text{л}} = 2 \dots 4$  кОм – опір тіла людини;

$R_o = 4$  Ом – опір нейтралі заземлення;

$U_{\phi} = 220$  В – фазова напруга.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-84, в нормальному режимі роботи електрообладнання  $I = 0.3$  мА,  $U = 2$  В, а при аварійному режимі -  $I = 6$  мА,  $U = 36$  В.

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 0,11 \text{ А.}$$

Напруга дотику:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^3 = 0,11 \cdot 2000 = 220 \text{ В.} \quad (4.2)$$

Отже, як бачимо розраховані значення  $I_{\text{л}}$  і  $U_{\text{д}}$  значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог правил будови електрообладнання (ПБЕ) у приміщенні лабораторії

можливі електротравми з тяжкими наслідками. Приміщення лабораторії відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки згідно з ПБЕ, позаяк характеризується відсутністю умов, які створюють підвищену або особливу небезпеку.

Позаяк, в умовах лабораторій небезпечною є дія на людину будь-якого відчутного струму, захисту від випадкового дотику підлягають всі струмоведучі частини обладнання незалежно від напруги. В особливо тяжких умовах знаходиться ізоляція електрообладнання, яке знаходиться у витяжній шафі. Тому мережеві шнури з поліхлорвініловою ізоляцією по всій довжині захищені гумовим шлангом.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо чи у поєднанні один з одним такі способи та засоби:

- електроізоляція струмоведучих частин;
- електрозахисті засоби: діелектричний килимок, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки;
- захисне заземлення;
- захисне відключення електроустановок при виникненні в них небезпеки ураження струмом.

Під час виконання науково-дослідної роботи використовується апаратура з заземленням І класу, тобто заземлення відбувається автоматично при включенні вилки в розетку.

## **4.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1 Атестація робочого місця**

Карта умов праці на робочому місці

Підприємство: КПП ім. Ігоря Сікорського

Лабораторія: Лабораторія іонного обміну і адсорбції

Відповідальний за заповнення карти: Большак Анна Павлівна

Дата заповнення: 01.11.2019

Таблиця 4.4 - Карта умов праці на робочому місці експериментатора

№	Фактори виробничого середовища	Норми ГДР; ГДК	Фактичне значення	Ступінь шкідливості фактору X, балів	Тривалість за зміну, Т	Шкідливість фактична (Xфак), балів
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> HCl NaOH Трилон Б	1 1 5	Експрес оцінка	1	0,5	0,5
2	Шум, Дба	75	55	1	0,1	0,1
3	Мікроклімат у приміщенні:					
	Температура повітря, °C	20-22	22	-	1	-
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,2	-	0,2	-
4	Відносна вологість повітря, %	40-60	50	-	0,5	-
5	Напруженість праці: увага(% часу зміни)	51-75	50	-	1	-
6	Освітленість в приміщенні, лк	300	300	-	0,25	-

Сума значень факторів виробничого середовища,  $(\sum X_{факт}) = 0,6$  балів.

Розмір доплати за умови праці – 4 %. Робоче місце підлягає раціоналізації.

#### 4.2.2 Пожежна безпека

Причинами виникнення загоряння і вибуху в приміщенні лабораторії можуть бути:

- 1) коротке замикання при пошкодженні електроізоляції електрообладнання;
- 2) занесення в приміщення високих потенціалів блискавки через видовжені елементи конструкцій;
- 3) прямий удар блискавки в об'єкт;
- 4) накопичення зарядів статичної електрики.

Для усунення причин виникнення загоряння і вибуху у лабораторії вживаються наступні заходи і засоби:

- 1) застосовуються первинні засоби гасіння пожеж – вогнегасників;
- 2) влаштування блискавкозахисту за допомогою стрижньового блискавковідводу;
- 3) передбачено аварійне відключення установок у випадку виникнення загоряння;
- 4) використовуються засоби колективного захисту від статичної електрики, згідно з ГОСТ 12.4.124-83, а саме використовується відвід зарядів за допомогою заземлення.

Всі хімічні реактиви, що використовуються у науково-дослідній роботі, зберігаються безпосередньо в приміщенні лабораторії. Концентровані хімічно чисті реактиви зберігаються в скляній тарі у витяжній шафі. Хімічні реактиви, що піддаються дії світла, зберігаються в склянках, виготовлених з темного скла або обгорнутих чорним папером, в затемненій частині лабораторії. Хімікати в дрібній тарі зберігаються на стелажах відкритого типу. Хімічні реактиви зберігаються в щільно закритих банках та інших сосудах з



наклеєними на них етикетками, на яких вказані точна назва речовини та її характеристика (вогнебезпечність, концентрація).

З метою зменшення пожежної небезпеки всі конструкції виконані на 90 % з негорючих матеріалів. Світильник у витяжній шафі передбачений у вибухозахищеній будові. Електропроводка проведена ззовні витяжної шафи, вимикачі та розетки також знаходяться поза витяжною шафою.

Показники пожежної та вибухової небезпечності речовин та матеріалів, що знаходяться в лабораторії, наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Показники пожежної та вибухової небезпечності речовин та матеріалів. Класифікація виробництва пожежо- та вибухонебезпечності

Назва дільниць, приміщень зовнішніх установок	Речовини, що мають обіг у виробництві	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість, вибухонебезпечність	Показники пожежо- і вибухо небезпечності			Вогнегасячі засоби	Категорія приміщення за ОНП 34- 86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту по влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН 305-77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання				
Хімічна лабораторія	Деревина	тв.	гор	225			Вогнегасники типу ОХП - 10	В	В-1 6	II-б
	Папір	тв.	гор	233			Вогнегасники типу ОХП - 10	В	В-1 6	II-б
	Аміак	р	Вибухо-небезпечний	450			Пісок, ковдра ОХП-10, ОУ-5	В	В- IIа	II-б

#### 4.2.3 Безпека експериментальної частини

В експериментах використовувався скляний лабораторний посуд. При порушенні правил роботи з ним можливі механічні порізи шкіри.

З метою забезпечення безпеки працівника при проведенні експериментів передбачені наступні дії:

- 1) всі роботи проводяться в спеціальному халаті;

2) всі досліді з концентрованими реагентами проводяться в витяжній шафі при наявності спеціального одягу і захисних окулярів, перед початком роботи перевіряється наявність руху повітря у витяжній шафі;

3) реактиви та хімічний посуд зберігаються в окремих шафах;

4) в кінці робочого дня вимикають електроенергію і воду;

5) обов'язково передбачені медичні аптечки.

Технологічні процеси та обладнання, що використовуються у лабораторії, мають високий рівень безпеки.

Робочі параметри дослідної установки зворотноосмотичного розділення води: продуктивність близько 0,5 дм<sup>3</sup>/хв., робочий тиск насосу становить 1 – 4 атм, небезпечні моменти при його зупинці та пуску відсутні.

#### **4.2.4 Аналіз безпеки об'єкту**

У лабораторії, згідно Положення «Про план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій», можливе виникнення аварій рівня «А». Такий висновок можна зробити, позаяк під час роботи не використовуються вибухо- та пожежонебезпечні речовини. Використання шкідливих речовин мінімізоване та виконується з суворим дотриманням усіх необхідних вимог безпеки. Імовірні такі види надзвичайних ситуацій – викид шкідливих речовин та руйнування обладнання.

Аварійні ситуації можуть виникнути У випадку: ураження електричним струмом, виходу з ладу водопостачання, витікання газу з балонів, вибух балонів з киснем, підвищена загазованість приміщення, розлив розчинів концентрованих реагентів, вихід з ладу механічного та електричного обладнання, займання або самозаймання речовин, вихід з ладу вентиляції та інше.

У випадку аварійної ситуації забороняється допускати сторонніх осіб в небезпечну зону, повідомити про те, що сталося керівника робіт. Особи, які

зайняті ліквідацією аварій, повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту. При виникненні пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння підручними засобами пожежогасіння. Якщо є потерпілі надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати швидку допомогу. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

#### **4.2.5 Оцінка надійності захисту робітників і службовців об'єкта з використанням захисних споруд за місткістю**

1. Обраховуємо кількість місць  $M_{пр}$  за площею приміщення для укриття людей, виходячи з норми на одну людину:  $S_1=0,5$  м<sup>2</sup> при висоті  $h=2,1-2,9$  м, яка дозволяє встановити двоярусні нари.

$$M_{пр} = \frac{S_{пр}}{S_1} = \frac{40}{0,5} = 80 \text{ осіб;} \quad (4.3)$$

$$M_8 = \frac{S_{пр}}{S_1} = \frac{220}{0,5} = 440 \text{ осіб;} \quad (4.4)$$

$$M_{12} = \frac{S_{пр}}{S_1} = \frac{220}{0,5} = 440 \text{ осіб.} \quad (4.5)$$

2. Обраховуємо кількість місць за об'ємом приміщень  $M_0$ . Ця кількість повітря передбачається для забезпечення життєдіяльності людей протягом 3-4 годин на випадок, коли буде порушено повітропостачання. Для цього визначимо об'єм всіх приміщень в зоні герметизації основних і допоміжних.

$$M_{\text{опп}} = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(40 + 7) \cdot 2,1}{1,5} = 66 \text{ осіб}; \quad (4.6)$$

$$M_{08} = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(220 + 78 + 10) \cdot 2,2}{1,5} = 451 \text{ осіб}; \quad (4.7)$$

$$M_{012} = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(220 + 78 + 10) \cdot 2,2}{1,5} = 451 \text{ осіб}. \quad (4.8)$$

3. Порівнюємо кількість місць з площею та за об'ємом і визначаємо фактичну місткість сховищ (менша за значенням):

$$M_{\text{пр}} = \min \{80; 66\} = 66 \text{ осіб}; \quad (4.9)$$

$$M_8 = \min \{451; 440\} = 440 \text{ осіб}; \quad (4.10)$$

$$M_{12} = \min \{451; 440\} = 440 \text{ осіб} \quad (4.11)$$

4. Обраховуємо загальну місткість усіх захисних споруд об'єкта:

$$M_3 = M_{\text{пр}} + M_8 + M_{12} = 66 + 440 + 440 = 946 \text{ осіб} \quad (4.12)$$

5. Визначаємо коефіцієнт місткості захисних споруд об'єкта:

$$K_M = \frac{M_3}{N} = \frac{946}{800} = 1,18 \quad (4.13)$$

6. Визначаємо необхідну кількість нар в кожній захисній споруді. Висота 2,3 м дозволяє встановити двоюрисні нари (одні нари на 5 чоловік).

$$H_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{пр}}}{5} = \frac{66}{5} = 14 \text{ нар}; \quad (4.14)$$

$$H_8 = \frac{M_8}{5} = \frac{440}{5} = 88 \text{ нар}. \quad (4.15)$$

## 5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ – РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 5.1 Розрахунок економічного ефекту

Економічним ефектом називають різницю між результатами діяльності і затратами, що були витрачені для реалізації цієї діяльності. У даній дипломній роботі був розрахований економічний ефект від використання нової сировини при виготовленні інноваційних картриджів для фільтр-гличиків.

Для розрахунку річного економічного ефекту від використання нової сировини ( $E_{рік}$ ) під час виготовлення картриджів, скористаємося такою формулою:

$$E_{рік} = [Z_б \cdot \frac{Z_{п.б.}}{Z_{п.н.}} + \frac{(C_б - C_н) - E_н(K_б - K_н)}{Z_{п.н.}} - Z_н] \cdot B_н,$$

де  $Z_б$ ,  $Z_н$  – затрати виробника на вироблення базової і нової сировини;

$Z_{п.б.}$ ,  $Z_{п.н.}$  – питомі витрати споживача при споживанні базової і нової сировини;

$C_б$ ,  $C_н$  – собівартість споживання на одиницю продукції при споживанні базової і нової сировини;

$K_б$ ,  $K_н$  – капіталовкладення на споживання базової і нової сировини;

$E_н$  – коефіцієнт економічної ефективності, який приймається рівним 0,15;

$B_н$  – випуск нової сировини.

Отже, для того, щоб знайти економічний ефект, проведемо основні матеріальні розрахунки.

### 5.1.1 Розрахунок основних фондів

Основні засоби – це засоби праці, які багаторазово приймають участь в процесі виробництва зі збереженням своєї матеріальної форми.

До основних засобів, що використовувалися під час виготовлення картриджів належить обладнання.

Вартість основних фондів наведена у таблиці 5.1, до яких входять затрати на обладнання, з суми яких вираховуємо амортизаційні відрахування.

Таблиця 5.1 – Ціна обладнання.

Основні фонди	Кількість одиниць	Вартість, грн.	Мінімально допустимі строки корисного використання, роки	Сума амортизаційних відрахувань, грн/рік
Електронні ваги	1	7000	4	1750
Глечик для замішування сировини	1	50	4	12,5
Лопатка для мішання	1	30	4	7,5
Ножиці	1	30	4	7,5
Всього	-	7110	-	1777,5

З таблиці 6.1 розрахуємо вартість амортизаційних відрахувань:

$$A = A(\text{обл.}) = 1777,5 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Тоді вартість основних фондів:

$$\text{ОФ} = B(\text{обл.}) = 7110 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

### 5.1.2 Розрахунок оборотних засобів

Оборотні засоби – предмети праці, які повністю витрачаються в виробничому циклі і переносять свою вартість на вартість готової продукції повністю і одразу.

До оборотних засобів відносять:

- Сировина;
- Електроенергія;
- Адміністративно-управлінські витрати;
- Заробітна плата.

1. Розрахунок витрати та вартості сировини, використаної під час виконання науково-дослідної роботи:

Таблиця 5.2 – Витрата та вартість базової сировини для картриджів.

Складові картриджу	Витрата, л (*кг)	Ціна на ринку, грн/л (*кг)	Вартість на 1 картридж, грн
Корпус для картриджу	1 шт	-	0,6
Кришка для картриджу	1шт	-	0,2
Пиж 2x10", D42x10мм для картриджу	1шт	-	0,27
Дренажна сітка для картриджу	1шт	-	0,73
Слабокислотний катіоніт ECOLITE PC200FDH	0,053	65	3,445
Активоване вугілля розміром 14x40	*0,042	*94	3,948
Срібломістка іонообмінна смола	0,01	565	5,65
Низькоосновний аніоніт ECOLITE PA301	0,1	67	6,7
Всього			21,54



Таблиця 5.3 – Витрата та вартість нової сировини для картриджів.

Складові картриджу	Витрата, л (*кг)	Ціна на ринку, грн/л (*кг)	Вартість на 1 картридж, грн
Корпус для картриджу	1 шт	-	0,6
Кришка для картриджу	1шт	-	0,2
Пиж 2x10", D42x10мм для картриджу	1шт	-	0,27
Дренажна сітка для картриджу	1шт	-	0,73
Слабокислотний катіоніт ECOLITE PC200FDH	0,046	65	2,99
Активоване вугілля розміром 30x60	0,056	120	6,72
Поліпропіленова нитка	0,001	300	0,3
Всього			11,81

Під час виконання науково-дослідної роботи, на виготовлення картриджів було витрачено 4 тижні (20 робочих днів). За 1 день можливо виготовляти 10 картриджів, отже за 20 днів випуск продукції складе 200 картриджів.

Крім того, загальні транспортно-заготівельні витрати за 4 поїздки в м. Ірпінь (по 50 грн за кожну поїздку) за матеріалами склали 200 грн. Цю вартість необхідно буде врахувати при розрахунку загальної вартості базової і нової сировини.

Вартість базової і нової сировини, що витрачається на випуск продукції:

$$Ц_{\text{сиров.б.}} = 21,54 \cdot 200 + 200 = 4508,0 \text{ грн.}$$

$$Ц_{\text{сиров.н.}} = 11,81 \cdot 200 + 200 = 2562,0 \text{ грн.}$$

## 2. Розрахунок витрат електроенергії.

Тривалість виконання науково-дослідної роботи складає 4 тижні, що становить 160 робочих годин.

Вартість газового опалення для підприємств в Україні складає 6,12 грн. за 1 м<sup>3</sup> природного газу. На опалення приміщення необхідно в середньому 1,1 м<sup>3</sup> природного газу на годину.

Отже, витрати на опалення складуть, грн.:

$$B_{\text{опал}} = 6,12 \cdot 1,1 \cdot 160 = 1077,92 \text{ грн.}$$

## 3. Розрахунок адміністративно-управлінських витрат

Адміністративно-управлінські витрати (АУВ) – витрати на утримання апарату управління та його обслуговування. Враховано в цьому пункті:

- заробітна плата охорони:  $3 \cdot 5000 = 15000$  грн./місяць;
- заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу – 20000 грн./місяць;
- витрати та на утримання й поточний ремонт будівель – 700 грн./місяць;
- інші витрати – 2000 грн./місяць.

Враховуючи сумарні витрати за один місяць:

$$AUB_{\text{міс}} = 15000 + 20000 + 700 + 2000 = 37700 \text{ грн./місяць.}$$

Оскільки у корпусі працює 15 робочих відділів, розділимо порівну отриману суму на кожний відділ. АУВ за один місяць на один відділ будуть становити:

$$AUB_{\text{міс}} = \frac{37700}{15} = 2513,3 \frac{\text{грн}}{\text{місяць}}.$$

Адміністративно-управлінські витрати за 1 день виконання НДР:

$$AUB_{\text{ден}} = \frac{2513,3}{30 \cdot \frac{6}{7}} = 97,74 \frac{\text{грн}}{\text{день}}.$$

Щогодинні адміністративно-управлінські витрати:

$$AUB_{\text{год}} = \frac{97,74}{8} = 12,22 \frac{\text{грн}}{\text{год}}.$$

Тривалість періоду виготовлення картриджів – 160 робочих годин. Отже, за цей час, адміністративно-управлінські витрати складуть:

$$AUB_{\text{заг}} = 12,22 \cdot 160 = 1955,2 \text{ грн.}$$

Оскільки у відділі працює близько 100 людей, то адміністративно-управлінські витрати складуть:

$$AUB = \frac{1955,2}{100} = 19,5 \text{ грн.}$$

### 3. Розрахунок фонду оплати праці.

Під час розробки картриджів були задіяні декілька фахівців, які консультували і допомагали у науково-дослідній роботі. Тому необхідно урахувати ФОП для цих осіб у оборотні засоби.

НДР з розробки картриджів проводить група, що має склад зазначений у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Кваліфікаційний склад науково-дослідної групи, що приймає участь у розробці картриджів.

Посада	Місячний оклад, грн.
Старший науковий співробітник	15000
Інженер I категорії	6000
Інженер III категорії	8000
Консультант (доцент)	12000
Консультант (доцент)	12000

Денна заробітна плата виконавців розраховується виходячи з місячних окладів і середньомісячної кількості робочих днів. Нарахування органам соціального страхування для працівників вищої школи і наукових установ складають 37,5 % від суми основної і додаткової заробітної плати. Додаткова заробітна плата складає 10 % від основної. Розрахунок фонду заробітної плати розробників картриджів представлений в таблиці 6.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок фонду оплати праці розробників картриджів.

Виконавець	Щоденна з/п, грн.	К-ть відпрацьованих днів	З/п основна, грн.	З/п додаткова, грн.	Фонд з/п, грн.	Відрахування в фонд соціального страхування (37,5%)	Всього
Старший науковий співробітник	714,3	5	3571,4	357,1	3928,6	1473,2	5401,8
Інженер І категорії	285,7	4	1142,9	114,3	1257,1	471,4	1728,6
Інженер ІІІ категорії	381,0	7	2666,7	266,7	2933,3	1100,0	4033,3
Консультант (доцент)	571,4	3	1714,3	171,4	1885,7	707,1	2592,9
Консультант (доцент)	571,4	2	1142,9	114,3	1257,1	471,4	1728,6
ФОП							15485,12

Фонд оплати праці розробників картриджів:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування}$$

$$\text{ФОП} = 15485,12 \text{ грн/рік.}$$

Вартість оборотних засобів при використанні базової і нової сировини:

$$\text{ОбЗ} = \text{Цсиров} + \text{Цел} + \text{ФОП} + \text{АУВ}$$

$$\text{ОбЗ}_6 = 4508,0 + 1077,92 + 15485,12 + 19,55 = 21090,6 \text{ грн/рік.}$$

$$\text{ОбЗ}_н = 2562,0 + 1077,92 + 15485,12 + 19,55 = 19144,6 \text{ грн/рік.}$$

### 5.1.3 Розрахунок техніко-економічних показників.

Капіталовкладення при використанні базової і нової сировини:

$$K_6 = \text{ОФ} + \text{ОбЗ}_6 = 7110 + 21090,6 = 28200,6 \text{ грн.}$$

$$K_н = \text{ОФ} + \text{ОбЗ}_н = 7110 + 19144,6 = 26254,6 \text{ грн.}$$

Собівартість 1 картриджу, при використанні базової і нової сировини, виготовленого під час виконання науково-дослідної роботи:

$$C_6 = (A + \text{ОбЗ}_6)/B = (1777,5 + 28200,6)/200 = 114,6 \text{ грн/шт.}$$

$$C_н = (A + \text{ОбЗ}_н)/B = (1777,5 + 26254,6)/200 = 104,6 \text{ грн/шт.}$$

Затрати виробника на вироблення базової і нової сировини:

$$З_6 = C_6 + E_н \cdot K_6 = 102,36 + 0,15 \cdot 25804,0 = 4344,4 \text{ грн/шт.}$$

$$З_н = C_н + E_н \cdot K_н = 92,63 + 0,15 \cdot 23857,0 = 4042,8 \text{ грн/шт.}$$

За питомі витрати споживача при споживанні базової і нової сировини, приймаємо витрати на придбання споживачем картриджу, ціна якого для аналогічного картриджу з базовою сировиною, на ринку складає 115 грн/шт. Для картриджу, у якому використовується нова сировина, встановлюємо ціну – 105 грн/шт. Отже:

$$З_{п.б.} = 115 \text{ грн/шт.}$$

$$З_{п.н.} = 105 \text{ грн/шт.}$$

Для визначення річного випуску нової сировини ( $B_н$ ), припустимо, що у році 52 тижні, і якщо за 4 тижні було виготовлено 200 картриджів, то за 52 тижні випуск картриджів з новою сировиною складе – 2600 шт.

#### 5.1.4 Розрахунок економічного ефекту.

Економічний ефект від використання нової сировини у картриджах складатиме:

$$E_{\text{рік}} = \left[ 4344,4 \cdot \frac{115}{105} + \frac{(114,3 - 104,6) - 0,15(28200,6 - 26254,6)}{105} - 4042,8 \right] \cdot 2600 \\ = 1859014,3 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

За результатами розрахунку економічного ефекту від використання нової сировини при виготовленні інноваційних картриджів, відразу можна стверджувати, що це вигідно. Хоч вигода і непряма, але, як правило, помітна в середньо-і довгостроковій перспективі. Застосування нової сировини допоможе зменшити собівартість продукції, що вплине на зменшення їх ціни, розширення кола споживачів і збільшення обсягів продажу. При цьому, результати дослідження ефективності очищення води на інноваційних картриджах, показали, що вони є кращими за конкурентів на ринку.

#### 5.2 Аналіз зовнішнього і внутрішнього середовища діяльності проекту.

Для пошуку інвесторів для розроблених картриджів, було досліджено зовнішнє і внутрішнє середовище діяльності проекту. У таблиці 6.6 розглянуті вірогідні загрози і можливості зовнішнього середовища діяльності проекту.

Таблиця 5.6 – Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

	Загрози	Можливості
Економіка		
1.Купівельна спроможність громадян	Зниження купівельної спроможності на продукцію до 3000 грн/рік; вимушене скорочення обсягу виробництва продукції	Збільшення обсягів виробництва і продажу продукції при збільшенні купівельної спроможності на 500-2000 грн/рік.

Продовження таблиці 5.6

2. Розвиток ринку картриджів	Поява конкуренції; Зниження обсягів продажу на 2-30%	Розширення видів продукції, що випускається
3. Рівень інфляції	знецінення грошей, які є на підприємстві	виплата по займах; можливість отримання обігових грошових коштів при використанні різниці щодо курсу долара
4. Еластичність попиту	Зниження обсягів продажу продукції при зменшенні попиту на товар на 1-10%	Збільшення обсягів виробництва і продажу продукції при збільшенні попиту на товар на 1-10%
Політика		
1. Державна економічна політика	Скорочення ринків збуту	Розширення ринків збуту
Географія		
1. Стан якості води в певному регіоні	-	Збільшення попиту на придбання продукції, що призведе до збільшення обсягів продажу на 2-20%
Науково-технічний прогрес		
1. Інноваційний потенціал галузі	Несприйняття інновації споживачами	Підвищення якості продукції, розробка нових видів продукції
2. Темпи технологічних змін	Застаріння існуючих технологій; Скорочення строків амортизації від 10 до 50% на рік	Зниження собівартості на 5-30 грн/шт, підвищення якості товару
Культура		
1. Зниження рівня освіти	Проблеми з освоєнням нових технологій	-
Демографія		
1. Чисельність населення	При зменшенні чисельності населення, відбувається вимушене скорочення обсягу виробництва продукції на 1-10%	При зростанні чисельності населення, відбувається збільшення зацікавлених громадян у придбанні послуги, а отже і збільшення обсягів виробництва і продажу продукції на 1-10%
2. Міграційні тенденції	При зменшенні кількості громадян України, відбудеться зменшення обсягу виробництва продукції на 1-15%	При збільшенні кількості громадян України, можливе розширення обсягів виробництва і продажу продукції на 1-15%

Як видно з таблиці 5.6, кожна компонента містить найважливіші фактори, що впливають на діяльність проекту. Демографічна компонента найбільшим чином позитивно впливає на розвиток проекту, оскільки тенденції розвитку її факторів дозволяють збільшити обсяги реалізації та позиціонувати продукцію за регіонами.

Далі, необхідно дослідити вплив факторів зовнішнього оперативного середовища на проект. Зовнішнє оперативне середовище - це безпосереднє оточення організації, яке охоплює ті його елементи, з якими організація перебуває у прямому контакті. Аналіз зовнішнього оперативного середовища здійснюється в розрізі чотирьох компонент: постачальники, споживачі, посередники, конкуренти. Такий аналіз передбачає виявлення тих аспектів діяльності, від яких залежить ефективність роботи певної організації, собівартість і якість виготовленої продукції. Результати аналізу наведені у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
<u>Постачальники</u> 1. Зосередження постачальників на роботі з конкретними клієнтами 2. Збільшення вартості товарів 3. Пунктуальність і обов'язковість виконання умов договору	1. Зменшення витрат за рахунок наданих знижок постачальником 2. – 3. Уникнення простоїв, а тому і збільшення обсягів реалізації	1. – 2. Зростання цін, що призводить до збільшення собівартості. 3. –
<u>Споживачі</u> 1. Ставлення споживача до виробника	1. Збільшення кількості постійних покупців, що призводить до збільшення обсягів виробництва	1. При негативному ставленні, можливе зменшення обсягів продажу



Продовження таблиці 5.7

<u>Посередники</u> 1. Залучення торгівельних посередників	1. Розширення ринку збуту, а отже і збільшення обсягів виробництва і продажу.	1. Збільшення собівартості продукції.
<u>Конкуренти</u> 1. Галузеві конкуренти, які виробляють аналогічну продукцію	1. –	1. Зниження попиту на продукцію

Аналіз показав, що галузеві конкуренти, які виробляють аналогічну продукцію, негативно впливають на проект. Цей вплив проявляється через зниження попиту на продукцію.

Основними чинниками такої компоненти як споживачі, які позитивно впливають на діяльність проекту є ставлення покупця до продавця. Оскільки, якщо компанія з виробництва картриджів користується довірою споживачів, це дає змогу нарощувати обсяги виробництва.

Не можна сказати, що вплив такої компоненти як постачальники, є однозначно позитивним чи негативним. Невпевненість виражається в тому, що такі позитивні моменти як пунктуальність і обов'язковість виконання умов договору та налагоджена система постачання можуть бути знехтувані підприємством у разі зростання цін на сировину. Складова посередники також є неоднозначною.

У таблиці 5.8 наведений аналіз впливу усіх зацікавлених сторін у проекті.

Таблиця 5.8 – Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища			
Виробник:	10	10	1
Постачальник	10	8	0,8
Споживачі	10	7	0,7

Продовження таблиці 5.8

Посередники	5	5	0,25
Зовнішнє середовище			
Політичні структури	2	1	0,02
Суб'єкти економічного середовища	10	6	0,6
Власники географічних об'єктів	0	0	0
Суб'єкти демографії	10	7	0,7
Суб'єкти культурного середовища	8	5	0,4
Суб'єкти НТП	8	10	0,8

З таблиці видно, що найбільший вплив на впровадження проекту мають суб'єкти зовнішнього оперативного середовища.

Розроблений у ході науково-дослідної роботи картридж було впроваджено у виробництво компанією ТОВ «НВО «Екософт». ТОВ «НВО «Екософт» - це міжнародна компанія-виробник фільтрів для очищення води, заснована в 1991 році в Україні. Один з п'яти унікальних світових виробників, які пропонують весь асортимент продуктів: від фільтрів-глечиків до промислових систем зворотного осмосу. Отже надалі будуть проаналізовані переваги і недоліки внутрішнього середовища компанії ТОВ «НВО «Екософт».

Таблиця 5.9 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища ТОВ «НВО «Екософт».

	Переваги	Недоліки
Маркетинг	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Майже повна монополія на внутрішньому і цінові переваги на зовнішньому ринку;</li> <li>- Ефективні канали поширення і просування;</li> <li>- Тісні зв'язки з відомими компаніями за кордоном, оскільки компанія Ecosoft об'єдналася з австрійською компанією BWT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Високі витрати на створення іміджу за кордоном</li> </ul>
Фінанси	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наявність значного власного капіталу;</li> <li>- Достатні фінансові ресурси</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Інфляційне знецінювання накопичень</li> </ul>
Виробництво	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Світовий рівень якості продукції, підтверджений сертифікатами EAC, NSF I TUV SUD, ISO 9001:2012;</li> <li>- Конкурентоспроможна продукція;</li> <li>- Можливість розширення виробничих потужностей;</li> <li>- Сприйнятливості до нових розробок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наявність шкідливих виробництв;</li> <li>- Орієнтація на поточні потреби виробництва</li> </ul>
Організація управління	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Рациональна організаційна структура підприємства;</li> <li>- Використання переваг організаційно-правових форм організації бізнесу</li> </ul>	-
Персонал	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Високо-кваліфікований персонал;</li> <li>- Власна база підготовки кадрів;</li> <li>- Обмеження в мобільності населення;</li> <li>- Професійно-кваліфікований потенціал служб НДДКР</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Висока плинність кваліфікованих кадрів</li> </ul>

За результатами аналізу внутрішнього середовища компанії, видно, що компанія ТОВ «НВО «Екософт» має більше переваг ніж недоліків по кожному

з компонентів. У компанії випускається конкурентоспроможна і високоякісна продукція, що також поширена на міжнародному ринку.

### **5.3. Висновки до розділу**

В даному розділі було проведено розрахунок економічного ефекту від використання нової сировини при виготовленні інноваційних картриджів для фільтр-глекчиків, який складає 1853014,3 грн/рік.

Крім того було досліджено зовнішнє і внутрішнє середовище діяльності проекту. Було виявлено, що серед факторів зовнішнього середовища, найбільший вплив на проект має демографічна складова, а серед компонентів зовнішнього оперативного середовища, найвпливовішими на проект є споживачі продукції.

Після проведення аналізу, за об'єкт стартапу було прийнято інноваційна технологія виробництва картриджів для фільтр-глекчиків, яка була впроваджена у компанії ТОВ «НВО «Екософт» (акт про впровадження додається), після чого було досліджено внутрішнє середовище компанії.

## ВИСНОВКИ

Після проведення порівняльної оцінки роботи картриджів для фільтр-гелчиків, що промислово випускаються, і пошуку шляхів підвищення їх ефективності, були отримані такі результати:

1. Вивчено склад завантаження промислових картриджів, в результаті якого було визначено, що в основному вміст завантаження картриджів різних виробників схожий і складається з кокосового активованого вугілля та слабокислотного катіоніту у якості іонообмінного матеріалу. Основною відмінністю між картриджами різних виробників є об'єм їх завантаження, коефіцієнт заповнення картриджу завантаженням, а також тип дренажної системи.

2. Проведено порівняльне дослідження ефективності промислових картриджів і встановлено, що середній ступінь зниження ефективності очищення по хлору в інтервалі 1-150 дм<sup>3</sup> пропущеної води складає 37-57% для всіх картриджів, а по відношенню до ПО і твердості - не перевищує 26 %.

3. Основним фактором, що впливає на ступінь очищення води від забрудників - є час контакту води з завантаженням картриджу. Оптимальним для досягнення найбільш ефективного очищення води за сукупністю показників (твердість, хлор, ПО) в інтервалі 1-150 дм<sup>3</sup> є час контакту води з фільтруючим завантаженням – 0,75 – 1,0 хв.

4. Показана можливість підвищення ефективності роботи картриджів і сформульовані вимоги до картриджу з оптимальними властивостями:

1) Ресурс картриджу має бути 150 дм<sup>3</sup>.

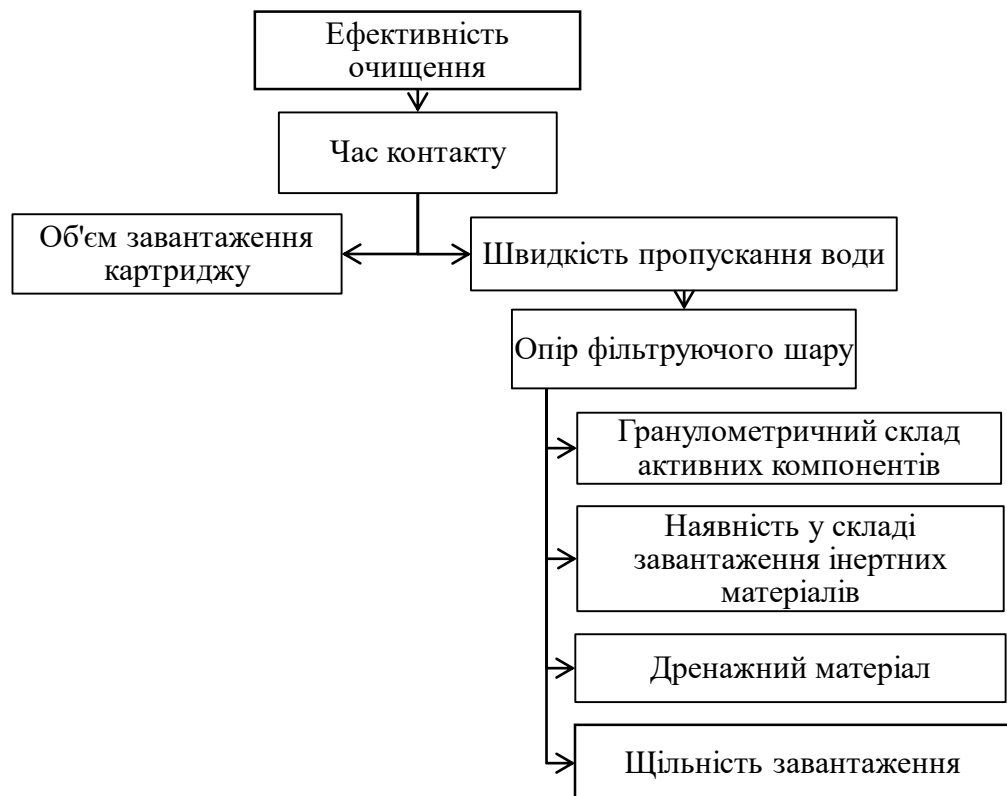
2) Картридж має видаляти на протязі всього ресурсу у середньому:

- Хлор – не менше 70%;
- Органічні речовини – не менше 15%;
- Твердість води – не менше 15%.

При цьому ступінь очищення води від хлору на 150 дм<sup>3</sup> пропущеної води має бути не меншим за 60%.

3) Час контакту води з фільтруючим завантаженням має бути у межах 0,75 - 1 хв, а швидкість фільтрації – не нижча за 100-120 см<sup>3</sup>/хв.

5. Визначені основні змінні фактори, що впливають на ефективність роботи картриджів:



6. Вивчено вплив усіх змінних факторів на ефективність видалення забруднень і визначені умови для отримання картриджа з оптимальними властивостями:

- Об'єм завантаження картриджу – 100 см<sup>3</sup>;

- Гранулометричний склад картриджу: розмір гранул вугілля – 0,6x0,25 мм, ефективний розмір смоли – 0,47 мм;
- Наявність у складі інертного матеріалу (волокна) у кількості 1 г;
- Коефіцієнт заповнення картриджу – 0,66 г/дм<sup>3</sup>;
- Матеріали дренажної системи: нижній дренаж – нетканий матеріал, верхній – ПП сітка.

7. Виготовлено картридж з оптимальними властивостями та проведено його випробування на водопровідній воді м. Києва. За результатами дослідження отримано дані про ефективність очищення води на картриджі, які склали:

- Від хлору на 74,7%;
- Від твердості на 17,4%;
- Від органічних домішок природного походження (ПО) на 18,6%.

При цьому, усереднений (за 150 дм<sup>3</sup>) час контакту води з завантаженням склав 0,82 хв, а середня (за 150 дм<sup>3</sup>) швидкість фільтрації – 130 см<sup>3</sup>/хв.

8. Проведено порівняння отриманого картриджу з промисловими і показано, що експериментальний картридж за усередненими показниками ефективності очищення води від хлору і ПО є найкращим, а за показником твердості - уступає тільки картриджу спеціального призначення – для пом'якшення води.

Також, на відміну від промислових картриджів, де ефективність очищення води від хлору поступово знижувалася на проміжку 10-150 дм<sup>3</sup> пропущеної води, у експериментального картриджу вона залишалася стабільною.

9. Отримані результати пройшли перевірку в ТОВ «НВО «Екософт» і були використані при розробці інноваційних картриджів для фільтр-гелечиків з підвищеною ефективністю (Акт про впровадження додається).

10. Результати роботи частково висвітлені у двох публікаціях і представлені на міжнародній конференції.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мітченко Т.Є. Серія видань «Світ сучасної водопідготовки». Актуальні проблеми води. - М.: ВУВО WATERNET, Київ, 2019. – 110 с. ISBN 978-966-97940-1-7.
2. Руденко І. Поточна ситуація щодо стану водопостачання в Україні // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2015. - № 3(77). – С. 4-7.
3. Мешкова-Клименко Н. А. Централізоване питне водопостачання: історія, сучасний стан, перспективи розвитку. Світогляд №4, 2009. – с. 66-68.
4. Інтернет ресурс про воду і водопостачання. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.cawater-info.net/bk/2-1-1.htm>
5. Митченко Т. Сегодня и завтра водоподготовки // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2015. - № 4(78). – С. 4-8.
6. Д.т.н. Митченко Т.Е., к.т.н. Малецкий З.В., Сусь М.А. Безопасна ли вода из-под крана // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2014. - № 4(74). – С. 4-17.
7. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні [Електронний ресурс] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=DOC/REP0000735.PDF](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=DOC/REP0000735.PDF)

8. Малецкий З. В., Сусь М. А., Мудрик Р. Я. Правильная вода для дома в вопросах и ответах // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2011. – № 3(57). – С. 2-10.
9. Макаренцев В., Фрог Н. Обеспечение населения питьевой водой: новые подходы // Аква-Magazine 2008.№4(9) - С. 10-14.
10. Наталья Макарова, к.т.н., Елена Светлейшая, к.т.н. Единая страна – разная вода. // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2014. - № 4(71). – С. 4-9.
11. Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка. – М.: ДеЛи плюс, 2013. – 680 с. ISBN 978-5-905170-49-2
12. Митченко Т., Малецкий З. Обратноосмотическая вода. Безопасность и полноценность // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2015. - № 3(77). – С. 8-12.
13. Орестов Е. А. 10 секретов бытового обратного осмоса // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2013. - № 4(70). – С. 10-21.
14. Інтернет ресурс про фільтри для води, опалення і каналізацію. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: [https://www.freshwater.ru/index.php?actions=view\\_catalog\\_ch1ch2\\_ac1&ch1\\_ac1\\_id=pomosch---poleznaya-informaciya&ch1ch2\\_ac1\\_id=plyus-i-minus-protocnix-i-obratnoosomoticheskix-filtrov](https://www.freshwater.ru/index.php?actions=view_catalog_ch1ch2_ac1&ch1_ac1_id=pomosch---poleznaya-informaciya&ch1ch2_ac1_id=plyus-i-minus-protocnix-i-obratnoosomoticheskix-filtrov)
15. Малецкий З.В. Испытание паводком. Насколько эффективны проточные фильтры? // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2013. - № 1(67). – С. 16-21.

16. Выбираем фильтр-кувшин для воды: гид продвинутого покупателя. [Электронный ресурс] Режим доступа до ресурсу: <https://www.kp.ru/guide/vybiraem-fil-tr-kuvshin-dlja-vody.html>
17. Малецкий З.В. Чемпионат кувшинных фильтров. // Вода и водоочистные технологии. Научно-практический журнал. – 2012. - № 4(64). – С. 4-15.
18. Интернет ресурс про фільтри для очищення води. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://kvanta.ru/filtry/kak-vybrat-kuvshin-dlya-vody>.
19. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". – 2010.

## ДОДАТОК 1



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «ЕКОСОФТ»

Україна, 08200, м. Ірпінь, вул. Покровська, 11

Тел/факс: +38(044) 490 34 54, 495 23 66

E-mail: [company@ecosoft.ua](mailto:company@ecosoft.ua)

[www.ecosoft.com](http://www.ecosoft.com)

Вих. № 18/11/2019-1

від 18.11.2019

### АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Даний акт складений в тому, що одержані в процесі виконання дипломної роботи Большак Анни Павлівни на тему «Підвищення ефективності роботи сорбційних картриджів для доочищення питної води» результати та розроблені в рамках роботи технологічні рішення були застосовані при розробці інноваційних картриджів для фільтр-глекчиків ТОВ «НВО «Екософт» з підвищеною ефективністю.

Заступник технічного директора

ТОВ «НВО «Екософт»

Рудницький В. І.

\_\_\_\_\_

**МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ****1. Визначення ефективного розміру зерна смоли**

Після того як був проведений розсів іонообмінної смоли, визначають масову частку іоніту, що залишилася на кожному ситі, у відсотках, за формулою:

$$X = 100V_i / \Sigma V_i,$$

де  $V_i$  – об'єм фракції іоніту, що залишився на певному ситі,  $\text{см}^3$ ;

$\Sigma V_i$  – сумарний об'єм всіх фракцій іоніту після розсіву,  $\text{см}^3$ .

Сумарний відсоток іоніту для кожного сита розраховується додаванням до відсотку іоніту, що залишився на ситі, сумарного відсотку, отриманого для всіх попередніх сит з великими отворами.

Будується графік залежності затриманого на кожному ситі сумарного відсотку іоніту від розміру комірки сита. Для цього на осі ординат відкладається розмір комірки сита в міліметрах, а на осі абсцис (ймовірнісна шкала) – сумарний процент іоніту, і через точки, що відповідають найбільшим відсоткам проводять пряму лінію. При побудові графіка враховуються всі точки, що відповідають розмірам сита, яке затримало кількість фракції понад 10%.

За побудованою прямою визначається отвір сит в міліметрах, що затримує сумарно 40 і 90% іоніту.

Розмір отвору сита, що затримує сумарно 90% іоніту, називається ефективним розміром зерна і позначається  $d_{\text{ef}}$  (мм). Відношення розміру комірки сита, що затримує сумарно 40% іоніту, до ефективного розміру називається коефіцієнтом однорідності:

$$K_{\text{одн}} = d_{40} / d_{90}.$$

За результат аналізу приймається середнє арифметичне двох паралельних визначень.

## **2. Метод визначення рН води**

Визначення рН зразка води проводилося зо допомогою рН-метра.

Аналізований зразок води наливають в стакан, після чого туди занурюють електроди рН-метру. Через певний проміжок часу прилад показує значення рН розчину.

## **3. Метод визначення загальної твердості води**

Визначення загальної твердості води проводилося згідно з ГОСТ 4151-72.

У конічну колбу на 250 см<sup>3</sup> вносять 100 см<sup>3</sup> відфільтрованої води, що аналізується, або менший об'єм, розведений до 100 см<sup>3</sup> дистильованою водою. При цьому сумарна кількість речовини еквівалента іонам кальцію і магнію у взятому об'ємі не повинна перевищувати 0,5 моль. Потім додають 5 см<sup>3</sup> буферного розчину, 5-7 крапель індикатора або приблизно 0,1 г сухої суміші індикатора хромогену чорного з сухим натрієм і відразу ж титрують при сильному збовтуванні 0,05 н. розчином трилону Б до зміни забарвлення в еквівалентній точці (забарвлення повинне бути синім з зеленуватим відтінком).

Похибка при титруванні 100 см<sup>3</sup> проби становить 0,05 моль/м<sup>3</sup>.

Загальну твердість води (X), моль/м<sup>3</sup>, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{v \cdot 0.05 \cdot K \cdot 1000}{V},$$

де  $v$  - кількість розчину трилону Б, витраченого на титрування, см<sup>3</sup>;

$K$  - поправочний коефіцієнт до нормальності розчину трилону Б;

V - об'єм води, взятий для визначення, см<sup>3</sup>.

Розбіжність між повторними визначеннями не повинна перевищувати 2 відн. %.

#### **4. Метод визначення вмісту загального хлору у воді**

Визначення залишкового активного (загального) хлору у воді проводилося згідно з ГОСТ Р 55683-2013.

У конічну колбу місткістю не менше 750 см<sup>3</sup> вносять мензуркою або мірним глечиком 500 см<sup>3</sup> проби аналізованої води, піпетковим дозатором додають 10 см<sup>3</sup> розчину йодиду калію, буферний розчин в кількості, встановленій раніше і перемішують, потім вносять 1 см<sup>3</sup> розчину крохмалю і титрують йод, що виділився, розчином тіосульфату натрію з використанням відкаліброваної піпетки до зникнення синього забарвлення. Контроль зникнення синього забарвлення проводять на тлі чистого аркуша білого паперу. Фіксують загальну кількість крапель розчину тіосульфату натрію, витрачених на титрування.

Масову концентрацію залишкового активного (загального) хлору в пробі аналізованої води на місці відбору  $X_{\text{МО}}$ , мг/дм<sup>3</sup> розраховують за формулою:

$$X_{\text{МО}} = \frac{K_{\text{п}} \cdot n \cdot 1000}{V},$$

де  $K_{\text{п}}$  - коефіцієнт піпетки.

n - кількість крапель розчину тіосульфату натрію, витрачених на титрування:

1000 - коефіцієнт об'ємного перерахунку;

V - об'єм проби аналізованої води, взятий для аналізу, см<sup>3</sup>.

## 5. Метод визначення перманганатної окиснюваності води

Визначення перманганатної окиснюваності води проводилося згідно з ГОСТ Р 55684-2013.

У конічну колбу місткістю 150 см<sup>3</sup> або 250 см<sup>3</sup> вносять 100 см<sup>3</sup> ретельно перемішаної проби аналізованої води, кілька капілярів (або скляних кульок, або шматочків пористого фарфору), додають 5,0 см<sup>3</sup> розчину сірчаної кислоти, 10 см<sup>3</sup> робочого розчину перманганату калію. Вміст колби нагрівають на електричній плитці так, щоб кипіння настало не пізніше ніж через 5-7 хв, і кип'ятять протягом  $(10 \pm 2)$  хв, закривши маленькою конічною воронкою для зменшення випаровування.

До гарячого розчину додають 10 см<sup>3</sup> робочого розчину щавлевої кислоти. Знебарвлений гарячий розчин титрують з використанням бюретки робочим розчином перманганату калію до появи блідо-рожевого забарвлення, що зберігається близько 30 с. Реєструють об'єм робочого розчину перманганату калію, витраченого на титрування ( $V_3$ , см<sup>3</sup>).

Пробу аналізують двічі, при цьому розбіжність між значеннями об'ємів перманганату калію, витрачених на титрування, не повинно перевищувати 0,05 см<sup>3</sup>. Якщо розбіжність перевищує вказане значення, то визначення повторюють до отримання допустимої розбіжності результатів.

Холостий дослід проводять паралельно з основним визначенням, замінивши пробу аналізованої води на 100 см<sup>3</sup> дистильованої води. Реєструють об'єм робочого розчину перманганату калію, витраченого на титрування ( $V_0$ , см<sup>3</sup>). Холостий дослід повторюють три рази. Витрата робочого розчину перманганату калію на холостий дослід не повинна перевищувати 0,5 см<sup>3</sup>.

Перманганатна окиснюваність в перерахунку на атомарний кисень  $I_{\text{Мп}}$ , мгО/дм<sup>3</sup>, розраховується за формулою:



$$I_{\text{Mn}} = \frac{(V_3 - V_0) \cdot C \cdot K \cdot 5 \cdot M}{V_4},$$

де  $V_3$  – об'єм робочого розчину перманганату калію, витраченого на титрування аліквоти проби аналізованої води,  $\text{см}^3$ ;

$V_0$  - об'єм робочого розчину перманганату калію, витраченого на титрування при холостому досліді,  $\text{см}^3$ ;

$C$  - концентрація робочого розчину перманганату калію,  $\text{ммоль/дм}^3$ ;

$K$  - коефіцієнт поправки до робочого розчину перманганату калію (див. 8.5);

5 - стехіометричний коефіцієнт;

$M$  - атомна маса кисню для перерахунку на атомарний кисень, що дорівнює 8,  $\text{г О/моль}$ ;

$V_4$  - об'єм проби аналізованої води, взятий для титрування,  $\text{см}^3$ .