

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис)

« » лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ А.М. Куц
(підпис)

« » лютого 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

із спеціальності **181 «Харчові технології»**
(шифр та назва спеціальності)

на тему: **«Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для
очищення води у технології горілок»**

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-7М

Пивоваров Олексій Андрійович

Керівник

Олійник Світлана Іванівна

Рецензент

Ковальчук Володимир Петрович

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань

Здобувач

(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
біотехнології продуктів
бродіння і виноробства

_____ А.М. Куц

31 серпня 2020 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Пивоварову Олексій Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **«Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок»**

Керівник роботи Олійник С.І. к.т.н. доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26 жовтня 2020 р. № 872-КС

2. Строк подання роботи 01 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок

4. Скласти математичну модель процесу і перевірити її адекватність.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Сучасні

технології горілок (аналітичний огляд). 2. Об'єкти, методи та методика

досліджень. 3. Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення

води у технології горілок (експериментальна частина). 4. Оптимізація

технологічного процесу. 5. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 6.

Охорона праці. 7. Цивільний захист. Висновки та рекомендації. Список

використаної літератури. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Таблиці з результатами досліджень – 17

Графіки з результатами досліджень – 18

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.20-29.10.20	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.20-4.11.20	
	1-а атестація	5.11.2020	
3.	Експериментальні дослідження впливу природного та наномодифікованого опалу на якість підготовленої води	05.11.20-17.12.20	
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.20-22.12.20	
	2-а атестація	23.12.20	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.20-30.12.20	
6.	Експериментальні дослідження впливу наноматеріалів на якість підготовленої води	31.12.20-06.01.21	
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.21-13.01.21	
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.21-24.01.21	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.21-31.01.21	
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	30.01.21-03.02.21	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	01.02.21-07.02.21	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.21-10.02.21	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Керівник роботи, доцент

О.А. Пивоваров

С.І. Олійник

АНОТАЦІЯ

ПИВОВАРОВ ОЛЕКСІЙ АНДРІЙОВИЧ «Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок»

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» за освітньою програмою «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

Кваліфікаційна робота присвячена обґрунтуванню та вибору ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок.

Наведено результати досліджень впливу природних матеріалів морденіту та морденіту наномодифікованого, обсидіану та обсидіану наномодифікованого, опалу природного та наномодифікованого на органолептичні, фізико-хімічні показники, катіонно-аніонний склад та окисно-відновний потенціал очищеної води.

Визначено соціально-економічну ефективність, яка обумовлена покращанням якості води і як наслідок готової продукції.

Робота викладена на 131 сторінці друкованого тексту, містить 17 таблиць і 18 рисунків, 2 Додатки.

Ключові слова: технологія горілок, підготовлена вода, наноматеріал, очищення, ефективність

SUMMARY

Pyvovarov Oleksii Andriiovych "Substantiation and selection of effective nanomaterials for water purification in vodka technology" Master's thesis for a master's degree in specialty 181 "Food Technology" specialization "Technology of fermentation and winemaking". National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

Qualification work is devoted to substantiation and selection of effective nanomaterials for water purification in vodka technology.

The results of researches of influence of natural materials of mordenite and nanomodified mordenite, obsidian and nanomodified obsidian, natural opal and nanomodified on organoleptic, physicochemical parameters, cation-anionic composition and redox potential of purified water are given.

Socio-economic efficiency is determined, which is due to the improvement of water quality and finished products.

The work is presented on the 131 pages of printed text, contains 17 tables and 18 figures, Additions.

Key words: vodka technology, prepared water, nanomaterial, purification, efficiency.

АННОТАЦИЯ

ПИВОВАРОВ АЛЕКСЕЙ АНДРЕЕВИЧ «Обоснование и выбор эффективных наноматериалов для очистки воды в технологии водок»

Квалификационная работа на соискание образовательной степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии» образовательной программы «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021.

Квалификационная работа посвящена обоснованию и выбору эффективных наноматериалов для очистки воды в технологии водок.

Приведены результаты исследований влияния природных материалов морденита и морденита наномодифицированного, обсидиана и обсидиана наномодифицированного, опала природного и наномодифицированного на органолептические, физико-химические показатели, катионно-анионный состав и окислительно-восстановительный потенциал очищенной воды.

Определена социально-экономическая эффективность, которая обусловлена улучшением качества воды и как следствие готовой продукции.

Работа изложена на 131 странице печатного текста, содержит 17 таблиц и 18 рисунков, 2 Дополнения.

Ключевые слова: технология водок, подготовленная вода, наноматериал, очистка, эффективность

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СУЧАСНИЙ СТАН СПОСОБІВ ФІЛЬТРУВАННЯ ТА ВИКОРИСТОВУВАНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВОДОПІДГОТОВЦІ ГОРІЛЧАНОГО ВИРОБНИЦТВА (аналітичний огляд)	11
1.1 Сучасні способи фільтрування у виробництві горілкової продукції ..	11
1.2 Основні види фільтрувальних матеріалів для підготовки води.....	19
1.3 Наноматеріали та їх застосування у підготовці води.....	32
2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	44
2.1 Матеріали досліджень	44
2.2 Методи досліджень.....	46
2.3 Методика досліджень	48
3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЕФЕКТИВНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ У ТЕХНОЛОГІЇ ГОРІЛОК(експериментальна частина)..	50
3.1 Дослідження впливу використання морденіту природного та нанообробленого у фільтруванні води	50
3.2 Дослідження впливу обсидіану природного та нанообробленого на показники якості підготовленої води.....	58
3.3 Дослідження впливу використання опалу природного та нанообробленого у фільтруванні води	67
3.4 Дослідження впливу обсидіану природного та нанообробленого на показники якості підготовленої води.....	75
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	81
5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	91
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	93
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	110
ДОДАТОК А	118
ДОДАТОК Б	119

Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок				
Змн.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата
Виконав		Пивоваров О.А.		
Перевірів		Олійник С.І.		
Зав. каф.		Куц А.М.		
Н.контр.				
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			Літера	Аркуш
			Аркуші	Аркуші
НУХТ, ННІХТ, БПБВ-2-7У,				

ВСТУП

Лікєро-горілочна галузь в Україні стрімко розвивається, та є найбільш розвинутою завдяки інтеграції новітніх технологій, спрямованих на оптимізацію та інтенсифікацію майже усіх стадій технологічного процесу, не є виключенням і така стадія, як підготовка води.

Підготовка води у виробництві лікєро-горілочаних напоїв – чи не найважливіша стадія технології, це серйозний і відповідальний процес, який потребує контролю і удосконалення. Від цієї стадії залежить ефективність виробництва, а отже і якість готової продукції.

Для вибору і обґрунтування технології та матеріалів водопідготовки, які будуть використовуватися, потрібно провести аналіз існуючих методів підготовки води та порівняти їх експериментально.

У сфері лікєро-горілочного виробництва вода використовується для очищення скляної тари і для виготовлення продукції. Від якості підготовленої води залежать такі характеристики готового напою: прозорість; запах; смак; стійкість; візуальна привабливість готової продукції в упаковці.

Нанотехнології на сьогодні вже не є новинкою і впроваджені в багатьох галузях науки і виробництва, харчова промисловість не є виключенням і дедалі більше нанотехнологій і наноматеріалів знаходять собі місце у технології виготовлення харчової продукції. Галузь нанотехнологій і наноматеріалів розвивається дуже швидко, оскільки є достатньо молодою і потребує дослідження. У даній роботі здійснюється аналіз обробки води за допомогою стандартних фільтрувальних матеріалів, оброблених наночастками срібла.

Стабільні наноструктурні частки срібла мають високу бактерицидну активність і становлять інтерес для створення на їх основі ефективних бактерицидних фільтруючих елементів для очищення води, що забезпечують ефективну очистку води як від механічних домішок, так і хвороботворних мікроорганізмів.

Метою роботи є обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок.

Об'єкт дослідження – технологія підготовки води у виробництві горілчаної продукції.

Предметом дослідження є розгляд застосування різних нанооброблених фільтрувальних матеріалів для підвищення якості підготовленої води, яка використовується для виробництва горілчаної продукції.

У цій роботі проаналізовано способи фільтрування води з метою забезпечення високої якості готових горілок. Адже вода – це головна сировина для виробництва алкогольних напоїв і її підготовка – це дуже відповідальний і серйозний процес.

Вибір мети досліджень обумовлений необхідністю вирішення таких завдань:

- узагальнити та критично оглянути різні способи, види фільтрувальних та нанооброблених матеріалів;
- дослідити вплив природних та штучних нанооброблених наноматеріалів на органолептичні та фізико-хімічні показники води та виявити найбільш ефективні для застосування при підготовці води;
- провести статистичну обробку отриманих результатів, побудувати модель процесу та перевірити її адекватність;
- здійснити оцінювання соціально-економічної ефективності від запровадження наноматеріалів у технології горілок.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні доцільності застосування нетрадиційних у виробництві горілок наноматеріалів.

Основні практичні положення та запропоновані висновки, викладені у магістерській роботі можуть бути використані під час практичної діяльності на підприємствах лікєро-горілчаної галузі, у науково-дослідній роботі та у навчальному процесі.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаної літератури з 69 найменувань, в т.ч. 24 – іноземними мовами, викладена на 131 сторінці друкованого тексту, містить 17 таблиць і 18 рисунків, 2 Додатки.

Опубліковано за темою кваліфікаційної роботи матеріали 4 доповіді на:

- VI Міжнародній науково-технічній конференції «Иновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство (2019, м. Вороніж),

- 86 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (2020 р., НУХТ, м. Київ),

- XI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Вода в харчовій промисловості» (2020 р., ОНАХТ, м. Одеса),

- Міжнародній науково-практичній конференції «Біотехнології продовольчих продуктів: проблеми і перспективи», з нагоди 75 – річниці ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» (2020 р., Київ).

1. СУЧАСНИЙ СТАН СПОСОБІВ ФІЛЬТРУВАННЯ ТА ВИКОРИСТОВУВАНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВОДОПІДГОТОВЦІ ГОРІЛЧАНОГО ВИРОБНИЦТВА

(аналітичний огляд)

1.1 Сучасні способи фільтрування у виробництві горілкової продукції

Водопідготовка є необхідною початковою стадією у технології горілок. Задачею водопідготовки є коригування чи оптимізування сольового складу води, видалення механічних сторонніх зважених домішок, колоїдних і органічних речовин, що впливають на стійкість, органолептичні і фізико-хімічні показники підготовленої води, і як наслідок - горілок.

В залежності від складу вихідної води застосовують способи водопідготовки: іонообмінний, зворотноосмотичний, сорбційний та інші.

Воду, що використовують для виробництва лікєро-горілкової продукції, за призначенням поділяють на питну та підготовлену. До води підготовленої за призначенням відноситься вода, що є основною сировиною і входить до складу продукту, а також вода, що безпосередньо контактує з напівпродуктами в технологічному процесі. Вода питного призначення використовується для забезпечення технологічного процесу та функціонування підприємства загалом. Така вода не має безпосереднього контакту з сировиною, напівпродуктами та товарною продукцією. Якість води питної визначається Державними санітарними правилами і нормами СанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [8] та іншими чинними нормативними документами.

Підготовлену воду, призначену для застосування у виробництві лікєро-горілкової продукції (далі — вода підготовлена) одержують з питної води додатковим обробленням з метою поліпшення її якості. Вода підготовлена повинна відповідати вимогам стандарту СОУ 15.9-37-237:2005 «Вода підготовлена для лікєро-горілкового виробництва. Технічні умови» [32].

Залежно від вмісту домішок процес підготовки води на лікєро-горілчаных

заводах може включати одну або декілька основних технологічних операцій. Чинним технологічним регламентом залежно від вмісту домішок вихідної води рекомендовані найбільш раціональні способи підготовки води [41]:

- механічне фільтрування на різних типах фільтрів,
- знезалізнення шляхом аерації або фільтрування через модифікований кварцовий пісок,
- оброблення активним вугіллям,
- зниження лужності і видалення органічних домішок.
- пом'якшення на натрій-катіонітових фільтрах,
- демінералізацію з використанням катіоно- і аніонообмінних смол,
- знесолення методом зворотного осмосу,

В практиці лікєро-горілочаних заводів найчастіше застосовують натрій-катіонітовий спосіб пом'якшення води. Цей спосіб дає можливість отримувати якісну воду за умови низького вмісту натрію у вихідній воді. При проходженні води через натрій-катіонітові фільтри здійснюється заміна катіонів кальцію і магнію на іони натрію. Збільшення лужності не може не викликати зміни смакових якостей води. Особливо виражено це в природній воді з високою тимчасовою низькою постійною твердістю води, так як в результаті обмінної реакції утворюється значна кількість двовуглекислого натрію, який надає воді лужний присмак. Тому навіть при використанні бездоганного по якості спирту, горілки на такій воді не можуть бути відмінної якості по органолептичним показникам.

Значну увагу слід приділяти показнику окиснюваності води, яка не повинна бути вищою за $2 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3$. Величина окиснюваності води в першу чергу впливає на такі дегустаційні показники напоїв, як аромат, смак, прозорість і блиск [26].

Весь тягар з видалення органічних домішок води несе активоване вугілля у вугільних колонках, під час фільтрування крізь них сортивки. Органічні

речовини води, що адсорбуються вугіллям, безповоротно знижують його ємність, тобто викликають старіння вугілля.

На стійкість алкогольних напоїв впливає вміст домішок заліза в воді. В підземних водах при відсутності розчиненого кисню залізо знаходиться в двовалентній формі, яка є нестійкою. При зберіганні напоїв, приготовлених на такій воді, іони двовалентного заліза окиснюючись переходять в оксид заліза і випадають в осад бурого кольору, надаючи горілкам жовтуватий відтінок. Домішки заліза в воді сприяють потемнінню напоїв на основі спиртованих соків. При пом'якшенні води катіонітовим способом вміст заліза частково знижується. При вмісті домішок заліза в воді понад 0,2-0,3 мг/дм³ необхідно проводити додатково знезалізнення води [26].

Особливу увагу звертають на вміст у воді аніонів кремнієвої кислоти - силікатів. В присутності фосфатів силікати висолюються в горілках при зберіганні, утворюючи осади правильної голкоподібної форми, які переливаються і блистять при перевертанні пляшок з горілкою. Причиною появи такого осаду може бути хімічна корозія скла пляшок.

На смакові якості горілок впливають домішки хлоридів і сульфатів води, які в залежності від вмісту надають воді солонуватий чи гіркуватий присмак.

Для отримання високоякісної горілки не бажано використовувати і повністю демінералізовану воду, яка не має смаку, а горілки на такій воді не набувають характерного горілчаного аромату і смаку, в них відчуваються всі негативні домішки спирту.

Тому одним з найважливіших завдань для поліпшення якості готової продукції горілчаних заводів є забезпечення підприємств підготовленою водою стандартизованою як за аналітичними, так і за органолептичними показниками.

Для отримання підготовленої води високої якості застосування стадії фільтрування є необхідним.

Фільтрування – це фізико-хімічний процес, котрий засновано на адгезії зважених і колоїдних домішок води до зерен фільтруючого матеріалу.

Апарат, у якому здійснюється цей процес, називають фільтром. Фільтр у найпростішому вигляді являє собою посудину, розділену фільтрувальною перегородкою. По різні боки перегородки створюють різницю тисків, під дією якої здійснюється транспортування рідини через перегородку і затримання на ній осаду. Цей процес розділення суспензії називають фільтруванням із затриманням осаду. У випадку, якщо тверді часточки проникають у пори фільтрувальної перегородки, затримуючись у них і не утворюючи осаду, процес називають фільтруванням із закупорюванням пор.

Залежно від способу створення різниці тисків по обидва боки фільтрувальної перегородки розрізняють процеси фільтрування за сталої різниці тисків, за сталої швидкості і за змінних різниці тисків і швидкості.

Осади, що утворюються на фільтрувальній перегородці, бувають нестисливі і стисливі. Нестисливими називають осади, в яких пористість (відношення об'єму пор до об'єму осаду) не зменшується при збільшенні різниці тисків. До практично нестисливих належать осади неорганічних речовин з розміром часточок понад 100 мкм (пісок, карбонат кальцію тощо).

Стисливими називають такі осади, пористість яких зменшується, а опір рідини зростає при збільшенні різниці тисків у процесі фільтрування. До сильно стисливих належать осади гідроксидів металів (міді, алюмінію, заліза тощо), які складаються з агрегатів, що легко деформуються.

Під час фільтрування питна вона очищується від грубодисперсних механічних зважених часток, колоїдних зависей, іржі та пластівців осаду, розчинених органічних і неорганічних домішок тощо.

Залежно від фільтрувального шару розрізняють фільтри:

- із зернистим завантаженням (фільтрувальний шар – кварцовий пісок, керамзит, мармур, аглопорит, дроблений антрацит, шунгізит, магномаса, пінополістирол та ін.),
- сітчасті (фільтрування крізь сітку з розміром комірок 40 мкм),
- тканинні (фільтрування крізь бавовняні, сукняні, льняні, скляні або капронові тканини),

- намивні (фільтрувальний шар – деревне борошно, азбестове кришиво, діатоміт тощо).

Зернисті фільтри застосовують для відокремлення грубодисперсних часточок, тканинні – тонкодисперсних і намивні – для очищення тонкодисперсних часточок малокаламутних вод.

Процес видалення з води суспензії і планктону пов'язаний з коагулюванням домішок води великими дозами, тривалим часом відстоювання і великою витратою води на промивку фільтрів. Наявність планктону у воді призводить до швидкого засмічення фільтру і різкого скорочення подачі води споживачеві, а іноді й до зриву роботи водоочисного комплексу.

Для видалення планктону з води знайшли широке застосування мікрофільтри, що виконуються у вигляді механізмів з обертовими барабанами, обладнаними фільтруючими елементами з тонкої металевої або пластмасової сітки з розміром осередків 20...60 мкм. Мікрофільтри доцільно використовувати при вмісті фітопланктону у вихідній воді понад 1000 клітин в 1 см³.

Намивні фільтри знижують вміст органічних речовин на 50%, дають позитивні результати з видалення заліза, масел, бактерій. Намивні фільтри, як правило, працюють за напірної схемою, і рідше як гравітаційні і вакуумні [29].

Зовнішня поверхня фільтруючих елементів служить основою, на якій відкладається шар фільтруючого порошку. Такий шар наноситься на пористий елемент перед початком роботи фільтра. Для цього проводиться фільтрування суспензій фільтруючого порошку. Витрата порошку становить 300 ... 400 г/м³ фільтруючої поверхні. На цю операцію витрачається 3 ... 5 хв. Рівномірний шар порошку утримується на поверхні фільтруючого елемента за рахунок різниці тисків у корпусі фільтру і всередині фільтруючого елемента.

Відомий і інший режим роботи фільтра, при якому для запобігання утворення на поверхні фільтруючого матеріалу малопроникної плівки з відфільтрованих речовин у воду безперервно або періодично (крім первинної

зарядки) вводять невеликі кількості фільтруючого порошку у кількості 3-10 мг/дм³, що значно подовжує цикл фільтрування.

Механічні фільтри із зернистим завантаженням (рис. 1.1) призначені для попереднього очищення води в автоматичному або ручному режимах роботи від механічних домішок, освітлення, видалення заліза і марганцю, дехлорування, зниження вмісту органічних речовин в залежності від завантаження[42].

В процесі фільтрування крізь зернисте завантаження відбуваються два протилежних процеси: адгезія затримуваних часточок до мікроповерхні (кольматація) та відрив раніше прилиплих часточок і перенесення їх гідродинамічними силами потоку (суфозія). Очищення суспензії від завислих часточок відбувається доти, доки сили суфозії часточок не починають переважувати над силами адгезії. Останні у водному середовищі визначаються переважно молекулярною взаємодією стичних тіл і залежать від властивостей води та стичних поверхонь. Адгезія максимальна у випадку однакових за гідрофільністю або гідрофобністю поверхонь.

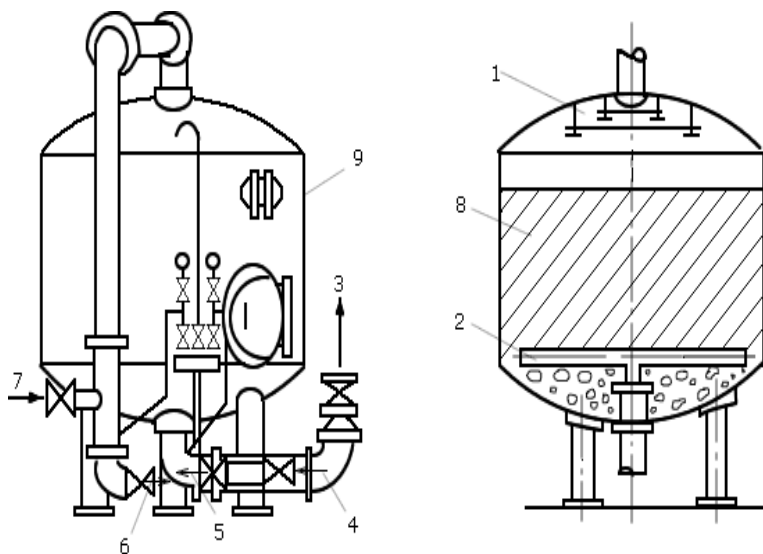


Рис. 1.1 – Фільтр освітлювальний вертикальний однокамерний

1 - верхній розподільчий пристрій; 2 - нижній дренажно-розподільчий пристрій;
3 - фільтрат; 4 - стиснене повітря, промивна вода; 5 - спуск перших порцій фільтрату;
6 - спуск промивної води; 7 - вихідна вода; 8 - фільтруючий шар; 9 - корпус фільтра

Процес фільтрації полягає в пропусканні води зверху вниз через шар зернистого або пористого матеріалу, завантаженого в освітлювальні фільтри. При фільтруванні води тверді частинки затримуються в товщі фільтруючого матеріалу або на його поверхні, в результаті чого відбувається освітлення води.

У певний момент часу шар завантаження забруднюється настільки, що опір фільтрації різко зростає, а продуктивність падає. Підвищення тиску води може призвести до «пробою», тобто до виносу бруду в чисту воду. Роботу фільтра припиняють, і шар завантаження регенерують, промивають.

Регенерація зернистого завантаження (розпушування) полягає в його відмиванні водою знизу вгору, при цьому з міжпорового простору видаляються затримані суспензії, а при зіткненні частинок з їх поверхні видаляються налиплі забруднення [42].

Промивають швидкі фільтри, подаючи чисту профільтровану воду під необхідним напором (від промивного бака або насоса) в розподільчу систему. Промивна вода, рухаючись з великою швидкістю і значним гідродинамічним тиском через фільтруючий матеріал знизу вгору, розширює і підіймає його. Зерна піднятого зернистого матеріалу, хаотично рухаючись, зіштовхуються, налиплі забруднення відтираються і відлипають від зерен фільтрувального завантаження і потрапляють в промивну воду. Промивна вода разом з вимитими забрудненнями переливається через кромки збірних жолобів, розташованих над поверхнею фільтруючого матеріалу, і відводиться ними у водостік. Жолоби повинні бути встановлені на такій висоті, щоб в них потрапляли тільки вимиті із завантаження забруднення, але не зерна фільтруючого матеріалу.

Після закінчення регенерації шару завантаження дають осісти, і потім починають фільтрацію. Перші обсяги відфільтрованої води, що містять надмірну кількість забруднень, скидаються в каналізацію.

Зернисті фільтри затримують колоїдні і завислі частинки на зернах завантаження в технологічних схемах освітлення, знебарвлення, знезалізнення води.

Вони у свою чергу поділяються [29]:

- а) в залежності від швидкості фільтрування на: повільні (0,1–0,2 м/год); швидкі (5,5–15 м/год); надшвидкі (понад 25 м/год);
- б) в залежності від крупності зерен засипки:
- дрібнозернисті (повільні фільтри з розміром зерен верхнього шару піску 0,3–1 мм);
 - середньозернисті (швидкі фільтри з розміром зерен верхнього шару піску 0,5–0,8 мм);
 - великозернисті (попередні фільтри з розміром зерен верхнього шару піску 1–2 мм);
- в) за кількістю фільтруючих шарів – одношарові, двошарові, багат шарові;
- г) за кількістю потоків – однопотокові, двопотокові;
- д) за напрямом фільтрувального потоку – з вертикальним висхідним або низхідним, горизонтальним, у тому числі радіальним.

Фільтри, завантажені однорідним шаром фільтрувального завантаження, називають одношаровими. Фільтри, завантажені неоднорідним за щільністю і розміром зерен завантаженням, – багат шаровими.

В багат шаровий фільтр завантажують від трьох до восьми фільтрувальних шарів. Їх підбирають таким чином, щоб глибина взаємного проникнення часток сусідніх шарів не перевищувала 10 % від товщини шару.

Для видалення осаду, нальоту та інших суспендованих речовин, а також загального очищення фільтруючого шару, необхідно проводити під час експлуатації механічних фільтрів зворотне промивання.

Весь фільтрувальний цикл складається з декількох основних стадій [29]:

- повільна промивка зворотним потоком (тривалість становить 2-3 хв.);
- швидка промивка зворотним потоком промивної води (тривалість становить 10-15 хв.);
- повільна промивка прямим потоком (тривалість становить 3-5 хв.).

Важливою характеристикою завантаження фільтра є брудомісткість, яка показує кількість забруднень у кг затриманих м³ засипки, або м² площі фільтра. Брудомісткість зазвичай збільшується при збільшенні у визначених незначних

межах крупності і товщини засипки, при фільтруванні води в напрямку зменшення крупності зерен [29].

У загальному випадку фільтри з більшою брудомісткістю дозволяють очищувати більш каламутну воду або з більшою швидкістю фільтрування. На фільтри вода повинна надходити з невеликим вмістом завислих речовин (малоконцентрована суспензія).

1.2 Основні види фільтрувальних матеріалів для підготовки води

Тип фільтрувального завантаження, крупність його зерен та висоту шару обумовлюють показники вихідної води, ефект очистки, розмір фільтра або його продуктивність. При збільшенні у певних межах крупності зерен повинні збільшуватись висота шару та можливі швидкості фільтрування.

Фільтрувальні завантаження можна поділити на [29]:

- різні за матеріалом і відповідно властивостям;
- однорідні або неоднорідні;
- за розмірами зерен, що зменшуються або збільшуються,
- за ходом фільтрованої води.

Під час вибору фільтрувального матеріалу обов'язково звертають увагу на значення показників: міжзернова пористість, ступінь однорідності та розвиненість питомої поверхні зерен, які дають змогу забезпечити збільшення питомого об'єму підготовленої води за високої швидкості фільтрування. Крім того, фільтрувальний матеріал повинен мати високу хімічну стійкість та механічну міцність, щоб унеможливити руйнування та можливий негативний вплив на якість води підготовленої та готової продукції.

Найбільше поширення на даний час отримали такі фільтрувальні матеріали, як кварцовий пісок та подрібнений антрацитовий матеріал.

Кварцовий пісок – пісок, що складається більше ніж на 90 % з уламків кварцу. Як правило, форма зерен добре обкатана. Матеріал добре відсортований, однорідний. Це матеріал природного походження, характерний високим вмістом оксиду кремнію (SiO_2) і незначним вмістом розчинних сполук кальцію (Ca), заліза (Fe) та марганцю (Mn).

Пісок кварцовий характерний для платформних районів. Утворюється як в умовах жаркого вологого клімату за рахунок перевідкладення продуктів глибокого хімічного вивітрювання материнських порід, так і безвідносно до клімату при тривалому перевідкладенні піщаного матеріалу або при формуванні осадів за рахунок розмивання більш древніх кварцових пісків (пісковиків) [65].

Сорбційна здатність кварцового піску дозволяє видаляти з води окислені залізо і марганець. Має високу стійкість до механічних, хімічних, атмосферних, водних впливів.

У порівнянні з пісками, що видобуваються способом намівання матеріалу, цей матеріал відрізняється мономінеральністю, однорідністю, високою міжзерною пористістю, а, отже - брудоемністю. Але поряд з цим, подрібнений пісок має більш високий відсоток стирання і вимивання, що веде до більш частішої заміни кварцового матеріалу у фільтрах.

Кварцовий пісок для фільтрів (очистки води) добувають в Житомирській області, Ружинському районі на Трубівському родовищі, Новоселківському родовищі.

Головною перевагою фільтру із піщаним завантаженням є простота конструкції і використання, що може забезпечити отримання хорошої продуктивності, але також пісок має в собі і недоліки, такі як: значні витрати води на промивання та регенерацію, велика кількість соляної кислоти, яка потрібна для підготовки фільтрувального матеріалу до роботи, також промивні води після регенерації такого фільтра дуже забруднені і їх потрібно очистити і утилізувати.

Крім того, в процесі оброблення води пісочним матеріалом має місце стирання зерен останнього, що призводить до збільшення твердості, забарвленості, мутності, масової концентрації силікатів, що, в свою чергу, негативно впливає на якість лікєро-горілчаних напоїв [38].

На підприємствах лікєро-горілчаної галузі, як фільтрувальне завантаження для підготовки води застосовують *антрацитовий фільтрант* – натуральний фільтрувальний матеріал, виготовлений з якісних низькозольних антрацитів, що

характеризуються високими механічними і фізичними якостями, з регламентованими величинами зольності, вмістом загальної сірки, означеними значеннями стирання і подрібнення.

Під час контактування часток антрациту з водою в ній не відбувається приросту концентрації кремнієвої кислоти і окислювання. Промивання даного фільтрувального матеріалу після первинного завантаження характеризується дуже низьким рівнем запиленості в порівнянні з іншими матеріалами. Проскок зважених речовин, що спостерігалися до перевантаження, цілком виключені. Цей матеріал може бути використаний в одношарових і багатошарових фільтрах при застосуванні як напірних, так і самопливних технологій [24].

Використання антрациту, як фільтрувального матеріалу, дає змогу домогтися більш глибокого очищення води, збільшення робочого циклу, швидкості фільтрування, зменшення кількості води, що використовується для промивання. Застосування якісного матеріалу в циклах іонообмінного очищення знижує навантаження на іонообмінні фільтри, що дозволяє різко зменшити забрудненість іонообмінних смол, і в такий спосіб збільшити строк їх експлуатації. Видалення з води зважених часток знижує перепад тиску у фільтрі. Крім того, відбувається часткове осадження органічних речовин, що збільшує строк експлуатації іонообмінних смол.

Розмір зерен антрациту (фракція) залежить від технології фільтрування води на підприємстві. Виготовляються як стандартні (0,5-2,0 мм, 0,8-1,8 мм, 0,8-2,0 мм, 1,5-3,0 мм і т.д.) так і будь-яких інші фракції антрациту.

Антрацит застосовують для завантаження:

- швидких освітлювальних (механічних) фільтрів механічного очищення води від зважених часток у системах водопідготовки питної води з поверхневих і підземних джерел;
- натрій-катионітових (аніонітових) фільтрів як шар для запобігання виносу більш дорогого матеріалу (катионіту чи аніоніту) у дренажну систему фільтра;
- фільтрів для очищення стічних вод підприємств харчової промисловості від зважених часток на 97%, органічних забруднень на 54%.

Фільтрувальний матеріал антрацит у порівнянні з кварцовим піском має ряд переваг:

- насипна вага ($0,7-0,8 \text{ г/см}^3$) дає змогу зменшити витрати промивної води і води під час спущування;
- за рахунок низького коефіцієнта однорідності (1,25 – 1,4) має високу місткість зважених часток під час фільтрування, що забезпечує збільшення тривалості фільтрувального циклу;
- добре затримує забруднення слиз-органічного походження;
- зменшений опір у шарі завантаження і підвищена на 15-20 % швидкість фільтрування зі збереженням якості фільтрації.

Основними перевагами застосування антрацитового фільтранту[24]:

- однорідність зерен забезпечує рівномірність і великий обсяг міжзеренового простору;
- виключення віднесення дрібних фракцій при зворотному промиванні і цементації окремих зон фільтрувального завантаження;
- практично відсутній винос матеріалу в пусковий період;
- підвищена механічна міцність зерен на стирання;
- зменшення кількості води для промивання;
- збільшення часу роботи фільтроциклу;
- підвищення швидкості фільтрування;
- зменшення перепаду тисків на фільтрі при робочому циклі.

Як аналог антрацитового фільтранту використовують *крихту антрацитову*, яка відповідає вимогам чинних нормативних документів до зернистих завантажень водоочисних фільтрів і забезпечує якість очищення води [29]. Використання крихти антрацітової на 25 - 30 % знижує витрату води для промивання фільтрів при їх підготовці до експлуатації, з підвищенням якості очищеної води дозволяє автоматизувати роботу механічних фільтрів.

Заміна кварцового піску як завантаження механічних фільтрів на антрацитовий фільтрант дозволяє в 1,6-2,0 рази збільшити фільтроцикл. Сорбційна здатність антрациту в 1,5-1,6 рази знижує інтенсивність висхідних

потоків води при промиванні, на 20-25 % підвищує брудоемність фільтрів без збільшення втрат напору води, що проходить крізь фільтр.

Виготовлення антрацитового фільтранту в Україні на сьогодні є обмеженим внаслідок виготовлення його з антрацитів Донецького басейну.

Тому, є необхідним проведення досліджень з пошуку ефективних та економічно вигідних фільтрувальних матеріалів у підготовці води для виробництва лікєро-горілочаних напоїв.

Керамзит – матеріал, що зовні нагадує гравій або щебінь, який виробляється шляхом випалення глини або глиняного сланцю при температурі від 1000 до 1300 °С протягом півгодини. В результаті виходить дуже легка і пориста сировина, найчастіше овальної форми [29].

Керамзит найбільш досліджений навіть у виробничих умовах і рекомендований до використання діючими нормами на проектування водоочисних споруд. Одержують його у виді гравію або піску, гравій можна подрібнити на більш дрібні фракції.

Найбільш широко застосовують як засипку фільтрів подрібнений керамзит. Його одержують при подрібненні гранульованого керамзиту і наступного розсіювання його по фракціях. Гранульований керамзит випускається керамзитовими заводами у вигляді гранул крупністю 40 мм. Багато заводів роблять розсів керамзиту по фракціях: 0...5, 5...10, 10...20, 20...40 мм.

Встановлено, що подрібнений керамзит в порівнянні з кварцовим піском володіє більш шороховатою поверхнею, низькою щільністю і підвищеною пористістю. Крім того, керамзитовий пісок має підвищену міцність (стирання 0,07%, подрібнюваність 2,4%) і найбільшою хімічної стійкістю [29].

Заміна пісочного завантаження подрібненим керамзитом в двопотокових і надшвидких фільтрах дозволяє в 2 рази підвищити швидкість фільтрування, в 2,5 разу збільшити брудоемність фільтра, а також збільшити фільтроцикл в 2,5 – 3,5 рази.

Шунгіт – перехідне утворення між суперантрацитом і графітом. Належить до антраксолітів [45]. До складу шунгіту входять фулерени — алотропні

різновиди вуглецю унікальної структури., дає змогу очистити воду від нітратів, нітритів, важких металів, хлорорганічних сполук, колоїдного заліза водопровідних труб, пестицидів, діоксинів, фенолів, нафтопродуктів, радіонуклідів та знезаразити її. Ефект очищення води від хлорорганічних сполук у порівнянні з активним вугіллям перевищує більше ніж у 15-20 разів [43]. При фільтруванні води крізь шунгіт у порівнянні з кварцевим піском: вміст амонію зменшується у 20 разів, заліза у 3 рази і перманганатна окислюваність у 5 разів [25].

Унікальні властивості шунгіту пояснюють його особливу структурою. У шунгітових породах виявлено близько 30% карбону. Крім карбону до складу шунгіту входять також SiO_2 (57,0 %), TiO_2 (0,2 %), Al_2O_3 (4,0 %), FeO (2,5 %), MgO (1,2 %), K_2O (1,5 %), S (1,2%).

В.П. Ковальчук, С.І. Олійник, І.Т. Опанасюк [25] було досліджено природні мінерали: шунгіт, гірський криштал, гранат, антрацитовий фільтрант марки А. Встановлено, що антрацитовий фільтрант, шунгіт, гранат та гірський криштал мають вищу механічну міцність на 3-4 %, зольність меншу у 1,5-3 рази, ніж кварцевий пісок, що сприяє більшому терміну експлуатації фільтрувального матеріалу, збільшенню кількості його регенерацій і зменшенню пускового періоду та витрат води та реагентів на промивання. Фізико-механічні характеристики, наведених матеріалів забезпечують високий ефект очищення води від механічних домішок без підвищення перманганатної окислюваності та вмісту силікатів у фільтраті.

Вулканічні шлаки – це природні матеріали, що утворюються в результаті скупчення газів в рідкій лаві під час швидкого охолодження. Вони являють собою комірчасту гірську породу вулканічного походження червоного, червоно-коричневого, коричневого, чорного кольорів. Залягають вони роздільно у виді щебеню і піску без великих домішок. Як фільтруючі засипки дозволені вулканічні шлаки Кармрашен-Мастаринського, Шенуайрського, Караундинського (Вірменія) родовищ. У Закарпатті (Сокирниця, Водиця),

Закавказзі, Середній Азії відомі великі поклади природних цеолітів – туфу світло-сіруватого кольору.

Велика увага зараз приділяється відходам вуглевидобутку і вуглезбагачення (*погорілі породи*), відходам гірської промисловості, шлакам металургійної промисловості, відходам промисловості будівельних матеріалів, шлакам паливно-енергетичної промисловості. У залежності від умов утворень усіх цих відходів вони мають різний хімічний склад, міцність, щільність, а коефіцієнт форми зерна може бути набагато вище, ніж у піску. Більшість з них не може підходити, особливо за хімічним складом, як засипка фільтрів і використовувати їх можна після найбільш ретельних досліджень. Найбільш дослідженими є погорілі породи [29].

На території України є поклади різноманітних мінералів вулканічного походження, промислове застосування яких в останні роки набуло широких масштабів. Основними перевагами таких мінералів, порівняно з сорбентами синтетичного походження, є те, що вони широко розповсюджені в Україні, мають нижчу вартість, а відпрацьований сорбент не потребує регенерації, оскільки не є токсичним.

Цеоліти – велика група мінералів, водні алюмосилікати кальцію і натрію, які заміщуються іноді K, Ba, Sr та ін. Під час нагрівання цеолітів вода виділяється поступово, без руйнування кристалічної решітки. Цеоліти — безбарвні або білого кольору, іноді забарвлені в жовтий, червоний колір, мають іонообмінні властивості. Штучні цеоліти — пермутити, застосовують для зм'якшення води, очищення жирів, масел, соків та ін.

Загальна формула: $M_2nO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$,

де M — лужний або лужноземельний метал, n — ступінь його окиснення.

Загальними властивостями цеолітів є здатність при нагріванні виділяти т. зв. цеолітну воду без руйнування структури і здатність до катіонного обміну. Основу структури цеолітів становлять кільця з тетраєдрів, утворених SiO_4^{4-} , AlO_4^{5-} , великі порожнини між якими з'єднані каналцями. Цеолітна вода міститься в порожнинах, а при нагріванні може бути втрачена через ці канали.

При цьому об'єм мінералу не змінюється. Зневоднений цеоліт може знову поглинати воду.

Інша характерна властивість цеолітів, — катіонний обмін, — протікає шляхом дифузії катіонів, напр., катіони Ca^{2+} , Na^+ , які знаходяться в порожнинах і каналах цеолітів, можуть замінюватися K^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} . Аабсорбція речовини цеолітами відбувається через канали або входи-вікна, які мають певні розміри. Проникнути через ці канали всередину цеоліту можуть тільки молекули величина яких менша діаметра каналу. Встановлена здатність цеолітів адсорбувати радіоактивні іони цезію з розчинів, видаляти іони NH_4^+ з стічних вод і водойм, адсорбувати іони Cu , Pb , Zn , Cd , Ba , Co , Ag і інших металів з промислових стічних вод, очищувати природні гази. Ємність поглинання цеолітів у 30 разів вища, ніж у іонообмінних смол [1].

Це обумовлює можливість застосування цеолітів як молекулярних сит. Відомо близько 50 мінеральних видів природних цеолітів. Це так звані *киплячі камені*. Найбільш поширені: кліноптилоліт, гейландит, натроліт, філіпсит, ломонтит, морденіт, шабазит, десмін, гармотом, фер'єрит, анальцим, еріоніт.

Загальні запаси цеолітовмісних туфів для відкритої розробки складчастих областей Закарпаття, Криму, Приазов'я — 1 млрд т. На території України найбільшим родовищем цеоліту (кліноптилоліту) є Сокирницьке (с. Сокирниця Хустського р-ну Закарпатської обл.).

Олійник С.І., Прибильським В.Л. та інш. [2] досліджено гранульований природний цеоліт Сокирницького родовища з розміром гранул від 1,0 до 4,0 мм. Важливою перевагою цього цеоліту є відсутність глинистих домішок та вапнякових вкраплень, які негативно впливають на процес фільтрування та потребують додаткового підготування зернистого завантаження до роботи. Забарвленість та мутність води покращувались на 45-80 %, спостерігалось зменшення: жорсткості води в 1,2-1,5 рази, масової концентрації заліза та марганцю на 95-98 %, аміаку на 96-99 %, нітратів на 92-96 %, нітритів на 90-95 %. Досліджуваний цеоліт може бути використаний для води з високим вмістом заліза (до 5 мг/ дм³), аміаку (до 2 мг/ дм³), нітритів (до 2 мг/ дм³). Встановлено,

що сорбційна здатність цеоліту за іоном заліза, марганцю та азотовмісними сполуками є вищою на 20-70 % ніж у синтетичних іонітів та активного вугілля.

Клиноптилоліт – мінерал, водний алюмосилікат лужних металів з групи цеолітів. Продукт зміни вулканічних порід.

За структурою дуже близький до гейландиту, але відрізняється більш високим вмістом лужних металів і кремнезему. Хімічна формула: $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_2\text{-}3\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Цеоліт Сокирницького родовища містить велику кількість клиноптилоліту. Достатня механічна міцність клиноптилоліту, стійкість до дії високих температур [1], агресивних середовищ і іонізуючого випромінювання, селективність до катіонів лужних, лужноземельних, рідкісноземельних, розсіяних і деяких важких металів, поглинальна здатність і ситовий ефект – усе це обумовлює широке використання мінералу. Завдяки строго визначеним розмірам пор (каналів) і внутрішніх порожнин вони є добрими сорбентами для багатьох неорганічних та органічних речовин.

Басараб Ю.Б., Засадний Т.М. [1] дослідили, що клиноптилоліт Сокирницького родовища є перспективним, дешевим та ефективним мінералом для очищення природних вод, зокрема озер та ставків. Проведені дослідження показують, що при контакті клиноптилоліту з водою в результаті іонного обміну між твердою і водною фазами спостерігається збагачення води іонами кальцію та зменшення вмісту іонів амонію та важких металів, зокрема заліза, марганцю та міді. Значно покращується водневий показник води.

Сапоніт (від лат. *sapo* — мило) — водний алюмосилікат магнію з підкласу шаруватих силікатів, групи монтморилоніту. Був відкритий у 1840 р. шведським хіміком і мінерологом Л. Ф. Сванбергом. Сапоніт ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_2$) є основним пороудоутворюючим мінералом змінених гіпергенезом туфів, мінералом групи монтморилоніту, в якому Al майже цілком замінений на Mg. Сапоніти відрізняються високими показниками питомої поверхні набухання, колоїдності, ємності катіонного обміну [66].

Бентоніт – природний глинистий мінерал складається в основному з мінералів групи монтморилоніту $(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{2n}(\text{H}_2\text{O})$ або бейделіту $(\text{Al}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_9 \cdot (\text{OH})](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ [53]. Основні запаси бентонітів України зосереджені в Дашуківському (104,7 млн т) та Горбському (6,8 млн т) родовищах. Залежно від складу обмінного комплексу розрізняють лужні (натрієві і кальцієво-натрієві) та лужноземельні (кальцієві, магнієво-кальцієві) бентоніти. Завдяки будові кристалічних ґрат бентоніти мають багато специфічних властивостей, найважливіша з яких – іонообмінна здатність [22].

Бентоніти мають високу ємність катіонного обміну, в'язучі властивості, пластичність, сорбційну здатність, можуть, вбираючи в себе воду, різко розбухати (до 8 разів). На колір бентоніти можуть бути білими, світло-зеленими, а вивітрені породи — червоними, жовтими, темно-коричневими

Макарчук О.В., Співак В.В., Донцова Т.А [44] досліджено видалення барвників з води магнітокерованим сорбентом на основі сапоніту. Відзначено, що сапоніт – це досить ефективний сорбент органічних та неорганічних забруднювачів з водних систем. Однак, значним недоліком його використання є складність видалення тонкодисперсних частинок сапоніту після сорбції з водного середовища. Для подолання цього недоліку використовується багато різних методів (коагуляція, флокуляція, використання відцентрованого полю тощо),

Глауконіт – мінерал, класу силікатів групи гідрослюд, до складу якого входять кремній, алюміній, калій, залізо та ін., належить до групи слюд.

Містить: SiO_2 — 44-56 %; Al_2O_3 — 3-22 %; Fe_2O_3 — 0-27 %; FeO — 0-8 %; MgO — 0-10 %; K_2O до 10 %, H_2O — 4-10 %. Відомі також домішки Li і V .

Глауконіт має значні абсорбційні та катіонно-обмінні властивості.

Великі поклади глауконіту розташовані у Західно-Волинському регіоні та на Донбас. [35].

Структурна формула: $\text{K}(\text{Fe}^{3+}\text{Al}^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{Mg}^{2+})_2(\text{OH})_2[\text{Al Si}^{4+}\text{O}^{-2}10]n\text{H}_2\text{O}$. За зовнішніми ознаками, структурними особливостями виділяють три типи глауконіту: чорні гладенькі зерна із глянцевою поверхнею правильної форми, з

дрібними тріщинками на поверхні; зелені, матові зерна з помітними тріщинками на поверхні, нерівномірно забарвлені; коричнево-зелені з тріщинками, нерівномірно забарвлені.

Альмандин (алабандиновий рубін, алабандська веніса) – різновид каменю гранату червоного або червоно-фіолетового кольору (венісою на Русі називали гранат). Альмандин має найбільшу твердість серед гранатів (7-7,5). Хімічний склад: $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$.

Олійник С.І., Прибильським В.Л., Чуприною Н.В. [28] встановлено, що у разі фільтрування води крізь альмандин у порівнянні з кварцевим піском (контрольний зразок) забезпечуються кондиціонування води за органолептичними показниками, при цьому значення забарвленості та мутності зменшувались на 100 %; не збільшується вміст силікатів, кальцію та магнію у фільтраті; вміст заліза та марганцю зменшується у 2 рази; перманганатна окислюваність зменшується на 20 %.

Обсидіан — однорідна вулканогенна гірська порода, чорне, темно-сіре, коричневе вулканічне скло, буває чорне з фіолетовим . Вміст силікатного скла 80% і більше за об'ємом; вміст води до 1% за масою. Обсидіан — масивна гірська порода, що характеризується раковистим, ріжучим зламом, іноді смугастим або плямистим забарвленням. Розрізняють обсидіан нормального, сублужного і лужного рядів. Обсидіан утворюється при швидкому застиганні в'язкої кислої магми на поверхні (лави) або в субвулканічних умовах (штоки, куполи, дайки). Фізичні властивості залежать від вмісту води і від ступеня розкристалізованості породи. Густина 2,5-2,6 г/см³.

Олійник С.І., Куцом А.М. та інш. [22] було встановлено, що в порівнянні з контрольним зразком (кварцевим піском) використання обсидіану дає можливість збільшити відносний обсяг підготовленої води на 120 - 200 об./об. матеріалу, крім того не потрібна обробка розчином соляної кислоти на стадії попередньої підготовки до роботи; кількість промивної води на стадіях промивання і розпушування зменшується в 1,5 ... 5 разів. Встановлено, що використання обсидіану дає можливість забезпечити органолептичні показники

підготовленої води і показано перспективність використання в водопідготовки для виробництва напоїв.

Кварцевий пісок має площу поверхні 3000 м² на тонну, а обсидіан – понад 1000000 м² на тонну, тобто площа поверхні є до 300 разів більшою. Гідроксильні групи на поверхні надають обсидіану від'ємний заряд - дзета-потенціал, який дає змогу забезпечити більш тонке очищення, ніж кварцевий пісок. При швидкості фільтрації біля 20 м³/год досягається якісна фільтрація 5 мкм, при швидкості фільтрації 5-10 м³/год - менше 0,1 мкм.

Кремій – опалово-халцедонова сполука, за наявності скам'янілих органічних речовин є біокатализатором та структуратором, здатним прискорювати окисно-відновні реакції у воді, надаючи їй цілющі властивості, пригнічуючи мікрофлору і зменшуючи вміст: хлору, заліза, цинку, свинцю, кадмію, ртуті, азотовмісних сполук, в тому числі нітратів.

Хімічна формула SiO₂·nH₂O. Кременеві стяжіння часто зустрічаються у вапняках. Вони можуть мати колір від жовтого до чорного непрозорого.

Глина – сорбент, що добре очищує воду від іонів важких металів, нафтопродуктів, патогенних бактерій, вірусів.

Глинисті породи - найбільш поширені неорганічні сорбенти для очищення води, їм властива розвинена структура з мікропорами, що мають різні розміри в залежності від виду мінералу. Як правило, це структура, що розширюється або пошарова жорстка структура. Механізм сорбції забруднень на глинистих матеріалах достатньо складний. Він включає Ван-дер-Ваальсові взаємодії вуглецевих ланцюгів з розвинутою поверхнею мікрочастінок силікатів і кулонівську взаємодію заряджених і поляризованих молекул сорбату з позитивно зарядженими ділянками поверхні сорбенту, що містить іони ПАР.

Павленко Н., Долгошеєвою Ю, Хомічаком Л. [30] досліджено, що глина є ефективним сорбентом для пом'якшення води. Вона дозволяє знижувати жорсткість води з 9,2 ммоль/л до 6,1 ммоль/л. Глина практично не знижує вміст магнію в воді, залишаючи його в межах фізіологічного нормативу (5-65 мг/дм³).

При використанні глини в процесі очищення води, виявлено, що значно знижується вміст іонів кальцію у воді, при чому їх концентрація лишається в межах фізіологічної норми (25-130 мг/дм³)

Вміст кальцію в глині після очищення водопровідної води збільшився (з 1,36 до 2,42 мас.%), а вміст магнію з 1,54 до 1,60 мас.%.

Зменшення концентрації іонів кальцію в воді відповідає зростанню його вмісту в глині. Це можливо пояснити тим, що кальцій з води входить в міжпакетний простір глини.

Останнім часом при очищенні маломутних (каламутність до 40 мг/дм³) і мало забарвлених (забарвленість до 30 градусів) вод набув поширення метод, заснований на фільтруванні через шар спеціального порошку, попередньо нанесеного на фільтруючу основу. Як основу для фільтрувального шару використовують плоскі і циліндричні пористі керамічні, сітчасті і каркасно навиті елементи, в якості фільтруючих шарів - діатоміт, целюлозу, азбест, бетоніт, деревну муку, тирсу і т.п.

Традиційні способи підготовки води для виробництва горілок передбачають попереднє механічне фільтрування води, пом'якшення на іонообмінному фільтрі і додаткове оброблення сорбентом (патент UA46635, C12G3/00, опуб. 15.05.2002 [36]; патент UA44153, C12G3/00, опубл. 15.10.2004 [37]).

Нанотехнології є корисним інструментом для вирішення питань, пов'язаних із очищенням води. Наноматеріали є ефективним, недорогим та чудовим рішенням у водопідготовці, вони мають такі чудові характеристики, як висока каталітична активність, дуже високе відношення площі поверхні до маси та об'єму, високу адсорбцію. Завдяки цим властивостям вони здатні очищувати воду від таких забруднень, як патогени, токсичні важкі метали, пестициди та інші стійкі та токсичні хімічні речовини.

Призначення нанотехнологій у підготовці води для харчової промисловості і зокрема виробництва горілкової продукції полягає у розробці нових фільтрувальних матеріалів з унікальними фізико-хімічними

властивостями, вдосконаленні існуючих фільтрувальних матеріалів тобто їх модифікації за допомогою наноматеріалів, удосконаленні та розробці нових технологічних прийомів обробки води за участю наноматеріалів та нанотехнології.

Найбільш інтенсивні дослідження проводяться за такими напрямками:

- ультра- та нанофільтрація води (мембранні фільтри на основі органічних полімерів, карбонових нанотрубок, керамічні, гібридні);
- адсорбція та відділення (застосування цеолітів - силікатних гібридів пористих матеріалів, магнітних наночастинок, оксиду графену);
- фотокаталітична обробка (обробка води з використанням гетерогенного фотокаталізу ZnO, TiO₂ та інших оксидів металів з напівпровідниковими властивостями) [69].

1.3 Наноматеріали та їх застосування у підготовці води

Наноматеріали є наріжними каменями нанонауки та нанотехнологій, тому їх застосування в промисловій сфері стимулює пошук нових напрямків синтезу і одержання нових наночастинок з унікальними заданими властивостями, різного діапазону та характером функціональних можливостей [48].

До наноматеріалів відносять структури розміром менше 100 нм (нанометр, 10⁻⁹ м) в одному з вимірів. На цьому рівні матеріали мають унікальні, зумовленими розмірами, властивостями (хімічними, адсорбційними, каталітичними, магнітними, механічними, оптичними), що визначають високу ефективність їх використання в різних областях людської діяльності. Протягом останніх 20 років виник "нанобум", який зумовив виникнення цілого ряду нових технологічних процесів, в тому числі в області очищення і знезараження води.

Існує кілька способів класифікації наноматеріалів. Це залежить від застосованих технологій та бажаних властивостей. В основному використовують дві основні класифікації.

Перша класифікація вказує на залежність від складу матеріалу:

матеріали на вуглецевій основі; матеріали на металевій основі; дендримери; композити

Матеріали на вуглецевій основі - наноматеріали, які складаються здебільшого з вуглецю, найчастіше у формі порожнистих сфер, еліпсоїдів або трубок. Сферичні та еліпсоїдні вуглецеві наноматеріали називаються фулеренами, а циліндричні - нанотрубками. Ці частинки мають багато потенційних застосувань, включаючи виготовлення удосконалених плівок та покриттів, міцніших та легших матеріалів та застосування їх в електроніці. Ця класифікація включає фулерени, вуглецеві нанотрубки, графен тощо[48].

Матеріали на металевій основі – наноматеріали, що включають квантові точки, наноматеріали благородних металів та оксиди металів, такі як оксид цинку(ZnO). Квантова точка - це щільно упакований напівпровідниковий кристал, що складається з сотень або тисяч атомів і розмір якого становить від декількох нанометрів до кількох сотень нанометрів. Зміна розміру квантових точок змінює їх оптичні властивості. Наприклад, наночастинки діоксиду титану (TiO_2) широко використовуються в таких областях, як виготовлення фарб, сонцезахисних кремів та зубних паст.

Дендримери – наноматеріали, які є нанорозмірними полімерами, побудованими з розгалужених частинок. Поверхня дендримера має численні кінці ланцюгів, які можуть бути пристосовані для виконання певних хімічних функцій. Ця властивість також може бути корисною для каталізу. Крім того, оскільки тривимірні дендримери містять внутрішні порожнини, в які можна помістити інші молекули, вони можуть бути корисними для доставки ліків.

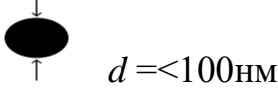
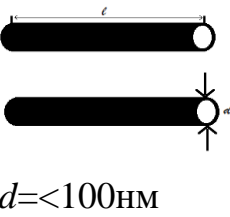
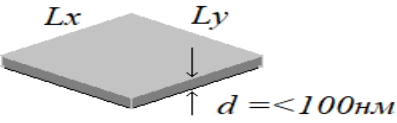
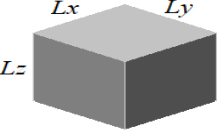
Композити поєднують наночастинки з іншими наночастинками або з більшими, сипучими матеріалами. Наночастинки, такі як нанорозмірні глини, вже додаються до продуктів, починаючи від автозапчастин і закінчуючи пакувальними матеріалами, для посилення механічних, термічних, бар'єрних та вогнезахисних властивостей [48].

Інша класифікація базується на макроскопічних розмірах матеріалу. Наноматеріали визначаються як матеріали, що містять структури, що мають щонайменше один розмір менше приблизно 100 нм.

Наноструктура може мати один вимір, наприклад, якщо вона має довжину більше 100 нм лише в одному напрямку. Дріт або волокно - це одновимірний об'єкт, а тонка плівка - двовимірна наноструктура. Підводячи підсумок, 0D-наноматеріали містять сфери або скупчення, які розглядаються як точкоподібні частинки. 1D-наноматеріали містять нановолокна, дроти, стрижні тощо. 2D - це плівки, пластини, багат шарові елементи або мережі. 3D-наноматеріали - це нанофазні матеріали, що складаються з рівноосних нанометрових зерен (табл. 1.1).

Нанотрубки мають більшу ефективність видалення органічних речовин, ніж активоване вугілля. Їх висока адсорбційна ємність обумовлена великою питомою площею поверхні і різноманітністю взаємодій забруднення. У водному середовищі утворюють агрегати через гідрофобності їх поверхні, що зменшує їх ефективну площу поверхні. З іншого боку нанотрубки-агрегати містять проміжні простору і канали з ділянками високої енергії адсорбції молекул органічних речовин. Активне вугілля характеризується подібною питомою площею поверхні з пучками вуглецевих нанотрубок в ньому, проте, присутня значна кількість мікропор, які є недоступними для молекул органічних речовин. Вуглецеві нанотрубки навпаки, мають велику адсорбційну ємність за органічними молекулами через більший розмір пор і доступних центрів сорбції [50].

Таблиця 1.1 – Класифікація матеріалів в залежності від розмірності наноструктур

Вимір	Структура	Приклад
0-D Усі виміри (x,y,z) в нанорозмірі		Наночастинки
1-D Два виміри (X, Y) в нанорозмірі, один (довжина l) більше, ніж нанорозмір		Нанотрубки та наностержні
2-D Один вимір (d) в нанорозмірі, інші два (Lx, Ly) мають розмір більше		Тонкі наноплівки
3-D Усі три виміри не в нанорозмірі		Нанокристалічні і нанокомпозитні матеріали

Істотним недоліком активного вугілля є низька адсорбційна спорідненість до низькомолекулярних полярних органічних речовин. Вуглецеві нанотрубки ефективно адсорбують багато полярних органічних речовин через різноманітність взаємодій забруднюючих речовин.

Окислені вуглецеві нанотрубки характеризуються швидкою кінетикою і високою адсорбційною ємністю по іонів металів. Поверхневі функціональні групи (карбонільні, гідроксильні, фенольні) нанотрубок є основними адсорбційними центрами для іонів металів за механізмом електростатичного тяжіння і утворення хімічних зв'язків, в результаті поверхневе окислення значно підсилює адсорбційну ємність нанотрубок [52].

Наноадсорбенти на основі оксидів металів, таких як оксид заліза, оксид титану, глинозем є ефективними недорогими адсорбентами важких металів і радіонуклідів. Процес адсорбції контролює комплексоутворення між

розчиненим металом і киснем оксидів. Процес протікає дві стадії: адсорбція іонів металів на зовнішній поверхні, надалі проходить дифузія усередину частинок уздовж стінок мікропор.

Аналоги оксидів металів на нанорівні характеризуються більш високими показниками адсорбційної ємності і кінетики адсорбції через більшу питому площу поверхні і більшу кількість поверхневих центрів адсорбції [59].

Одночасно з високою адсорбційною ємністю наночастинки деяких оксидів заліза мають властивість суперпарамагнетизму, що виникає при зменшенні розмірів частинок менше ніж 40 нм. Магнітні наночастинки можуть безпосередньо використовуватися як адсорбенти. На їх основі також створюють структури ядро-оболонка, при цьому оболонці надають певних функцій (каталітичних, біоцидних, селективної адсорбції), а ядро забезпечує проведення магнітної сепарації. Оболонка може складатися з кремнезему, що має широкий спектр хімічних властивостей, і пов'язаних з ним наночастинок з необхідними властивостями.

Наночастки оксидів металів можуть бути спресовані в гранули практично без зміни властивостей, що зручно для промислового застосування. Вони перевершують активне вугілля за показниками адсорбції As, Pb, Hg, Cu, Cd, Cr, Ni. Наночастки оксидів або гідроксидів можуть бути введені в структуру активного вугілля, що дає змогу проводити одночасне видалення, наприклад, As і органічних речовин [46].

Мембрани з використанням наноматеріалів Інкорпорування функціональних наноматеріалів в структуру мембран створює можливості підвищення проникності, стійкості проти забруднення, підвищує механічну і термічну стабільність, а також забезпечує придбання нових властивостей мембран (деградація забруднюючих речовин, самоочищення). Простим, ефективним і недорогим методом виготовлення ультратонких мембран з різних матеріалів (полімери, кераміка, метали) є процес витягування нановолокон під дією електростатичних сил, створюваних джерелом високої напруги. Отримувані нановолокна характеризуються великою питомою площею поверхні

і пористістю і можуть бути використані в формі матів з комплексною структурою пір. Нановолоконні мембрани можуть з високою ефективністю видаляти мікрочастинки з водної фази без помітного забруднення, їх доцільно використовувати для попередньої обробки перед ультрафільтрацією або зворотним осмосом. Можливість регулювати властивості нановолокон при їх виготовленні дає можливість отримувати шляхом введення різних добавок багатофункціональні матеріали з унікальними можливостями. Так, наприклад, шляхом розміщення керамічних наноматеріалів або специфічних адсорбентів в нановолокон каркас може бути сконструйована мембрана для видалення при фільтрації важких металів і органічних забруднюючих речовин [58].

Нанотехнології в схемах очищення води

Останнім часом багато уваги дослідників приділено проблемі побічних продуктів знезараження води. Використання традиційних дезінфектантів, таких як хлорагенти і озон, призводить до утворення токсичних галогенованих побічних продуктів, нітрозамінів, броматов тощо. В значно меншій мірі побічні продукти утворюються при ультрафіолетовому опроміненні, але в цьому випадку для інактивації, наприклад, деяких вірусів (зокрема, аденовірусів) потрібна висока інтенсивність опромінення. У зв'язку з цим ведеться пошук альтернативних ефективних дезінфектантів, використання яких не призводить до утворення побічних продуктів. Для знезараження води використовують наночастинки Ag, ZnO, TiO₂, Ce₂O₄, вуглецеві нанотрубки, фулерени. У загальному випадку їх використання не пов'язане з помітним окисленням органічних речовин, відповідно, не призводить до утворення аналогічної, традиційним дезінфектантам, кількості побічних продуктів. Найбільш широко в даний час використовують наночастинки срібла Ag, що характеризуються широким спектром високою антимікробної активності, низькою токсичністю для людини і простотою застосування. Вважається встановленим, що антимікробну активність наночастинок Ag пов'язана з виділенням іонів Ag, які взаємодіють з тіоловими групами білків, що призводить до порушення функції ферментів. Іони

Ag, крім цього, перешкоджають реплікації ДНК і викликають структурні зміни клітинної оболонки.

Вуглецеві нанотрубки в результаті безпосереднього контакту викликають загибель бактерій шляхом фізичного впливу на клітинну мембрану, окисного стресу або порушення мікробних процесів в результаті пошкодження клітинної структури і окислення компонентів клітин.

Наночастки графена і графітових матеріалів характеризуються аналогічним механізмом інактивації мікроорганізмів.

На сучасному етапі розвитку нанотехнологій знезараження води стало цілком реальним їх використання для підвищення ефективності традиційних схем. Передбачається використання керамічних мікрофільтрів з інкорпорованими наночастинками Ag в системах водоочищення. Високу ефективність інактивації мають фільтруючі середовища на основі вуглецевих нанотрубок. При підведенні невеликої імпульсної напруги (2-3 В) до багатостінних вуглецевих нанотрубок інактивація затриманих бактерій і вірусів відбувається за кілька секунд. Подібні фільтри забезпечують знезараження води з мінімальними енерговитратами [57]. Нанесення покриттів, що містять наноматеріали, на внутрішню поверхню ємностей для зберігання води і трубопроводів водорозподільних мереж перешкоджає утворенню біоплівки і розвитку, що викликається мікроорганізмами корозії.

Іншим перспективним напрямком вважають використання наноматеріалів для зменшення біоуражень фільтраційних мембран. Інкorpорування протимікробних і фотоактивних матеріалів дозволяє використовувати мембрани не тільки як фізичний бар'єр, але надати їм властивість "реагування" на склад фільтрованого середовища. Наприклад, полімерні або керамічні мембрани, що містять TiO_2 є ефективними для видалення (шляхом деградації) цілого ряду органічних забруднюючих речовин і інактивації патогенних мікроорганізмів при ультрафіолетовому опроміненні. Для реалізації даного процесу ведеться розробка фотокаталітичного реактора з занурювальним мікрофільтраційним або ультрафільтраційним модулем, забезпеченим джерелом ультрафіолетового

випромінювання. Аналогічним чином досліджується інкорпорування інших функціональних (каталітичних, фотокаталітичних, протимікробних) наноматеріалів (Ag, хітозан) в структуру мембран [49]. Нанотехнології дозволяють знизити утворення побічних продуктів знезараження води, якщо хлорагенти і інші дезінфектанти будуть використовуватися тільки для вторинного знезараження.

Головна причина високої реакційної здатності наночасток полягає в їх великій питомій площі поверхні, однак, агрегування у водному середовищі істотно знижує значення цього параметра. Це характерно і для діоксиду титану, і для фулеренів. З іншого боку дисперговані наночастинки, внаслідок їх розмірів, важко виділити з водного середовища, що вимагає додаткової стадії мембранної фільтрації, що забезпечує повернення суспензії наночастинок в технологічний процес і запобігає їх потрапляння в питну воду, що пов'язано з відповідними витратами.

Наноконпозити як інноваційні адсорбенти

Наноконпозити являють собою матрицю, до якої були додані нанорозмірні матеріали, де розмір матеріалу в одному із вимірів менше 100 нм, щоб поліпшити певну властивість композиційного матеріалу. Звичайні пористі матеріали можуть бути просочені різними наноматеріалами, що призводить до отримання стабільних наноконпозитів, які поєднують переваги обох матеріалів, що діють синергетично. Наночастинки часто модифікують стабілізуючою матрицею, такою як полімери, для запобігання агрегації та збільшення зручності використання; однак у деяких випадках ці стабілізатори, пов'язані з поверхнею, покривають реакційноздатну поверхню речовини(субстрату) і тим самим можуть інгібувати сорбцію та деградацію цільових сполук. Тим не менше було розроблено багато наноконпозитів, які мають великий потенціал для використання в якості інноваційних адсорбентів для очищення питної води.

Природні полімерні наноконпозити - натуральні полімери (тобто біополімери), такі як целюлоза, лігнін, геміцелюлоза, хітозан тощо, використовувались як допоміжні матеріали для наночастинок різного типу для

утворення нових нанокompозитів на основі біополімерів із особливими властивостями. Серед біополімерів целюлоза та лігнін є найбільш часто використовуваними біополімерами для композиційних матеріалів.

Целюлоза - багатий, недорогий та відновлюваний ресурс. Коли вона переплітається, наноцелюлоза може утворювати високопористі та механічно міцні об'ємні матеріали, такі як наноцелюлозні папери, плівки або аерогелі. Хоча виробництво паперової упаковки, автомобілів, засобів особистої гігієни, будівництво та текстильна промисловість визнали потенціал наноматеріалів целюлози, вони також мають великий потенціал для застосування у технологіях очищення води.

Наноматеріали целюлози знаходять застосування в очищенні води поодинокі, а також слугуючи стабілізуючим субстратом (основою) для реактивних наночастинок.

Нанокompозитні мембрани на основі біополімерів з використанням пропіонового лігніну та триацетату целюлози (ТАЦ) були підготовлені ученими [55] для очищення води. У дослідженні використовувались три типи лігніну, а саме: крафт (КЛ), органосольв (ОЛ) та гідроліт (ГЛ), які були розподілені для підвищення сумісності з ТАЦ.

Синтезовані полімерні нанокompозити - завдяки фізико-хімічним властивостям та високопористій структурі, синтезовані полімери використовувались як матричний матеріал для нанокompозитів. Полімерні мембрани поширені та є загальноприйнятими мембранами для очищення води завдяки їх зрозумілому механізму формування пор, гнучкості, простоті монтажу та відносно низьким витратам у порівнянні з іншими неорганічними мембранами.

Наночастинки також були включені всередину синтезованої полімерної матриці для створення функціональних мембран зі специфічною здатністю адсорбувати важкі метали з води. Наприклад, у дослідженні [61] використовували наночастинки поліаніліну (заліза (II, III) оксиду (PANI / Fe₃O₄),

їх поміщали всередину матриці поліетерсульфону (PES), використовуючи метод інверсії фаз з метою видалення забруднень Cu(II) з водного розчину.

В дослідженнях [68] використано мембрану для видалення міді, з кульками хітозану (20–40 мкм) всередину матриці полімеру етиленвінілового спирту (EVAL) [63].

Ці дослідження продемонстрували можливість підготовки нанокompозитних мембран, що містять селективні адсорбенти, для очищення води. Однак відносно висока водопроникність і, отже, короткий час контакту означає, що сорбція може бути обмежена кінетикою, крім адсорбційної здатності, що може перешкоджати практичному застосуванню [63,56].

Вуглецеві нанокompозити - вуглецеві матеріали, такі як активне вугілля та біовугілля - деревне вугілля, яке виробляється піролізом біомаси, проте у відсутності кисню (органічні відходи, такі як тріска і гілки, побічні продукти сільського господарства, спалюються в безкисневих камерах, утворюючи масло, синтетичний газ і твердий залишок, що нагадує деревне вугілля) [54]), часто використовуються як матриця для отримання різних типів нанокompозитів на основі вуглецю для очищення води.

В праці Mohan, D., Sarawat, A., Ok, Y.S., Pittman, C.U. [62] було досліджено, що біовугілля, високопориста піролізована біомаса, сама по собі та модифікована наноматеріалами, має місце для застосування у фільтрації води. Хоча активне вугілля ідеально підходить для видалення забруднень з води, його виготовлення коштує дорого. Біовугілля, навпаки, вимагає менших вкладень. Біовугілля може використовуватися для видалення забруднень із води, а також завантажуватися поживними речовинами для подальшого використання як добриво ґрунту, забезпечуючи довгострокову сорбційну здатність та стійке удобрення. Біовугілля може замінити вугілля на кокосовій шкаралупі та активоване вугілля на основі деревини як недорогий адсорбент для забруднювачів та патогенів. Біовуглець показує хороші результати у адсорбції вуглеводнів, інших органічних речовин та деяких неорганічних іонів металів.

Включення інженерних наночастинок у структуру біовуглецю може покращити ефективність його не тільки в системах водопідготовки, а й у підвищенні родючості ґрунту та секвестрації вуглецю.

У дослідженні Inyang, M., Gao, B., Zimmerman, A., Zhang, M., Chen, H. [67] нанокompозити, що містять MgO, отримували шляхом піролізу (600 °C, N₂) MgCl₂ з наступними вихідними речовинами з біомаси: хвостами цукрових буряків, жомом цукрової тростини, тополею, сосною деревиною та шкаралупою арахісу. Ці нанокompозити використовувались для видалення фосфатів та нітратів з води. Частинки MgO добре розподілялись по поверхні вугілля. У середньому композиційні компоненти для цукрових буряків мали адсорбційну здатність 835 мг/г фосфату. Переважали композити з арахісової шкаралупи з адсорбційною здатністю до нітратів 94 мг/г. Вищезазначені високі сорбційні показники можуть бути зумовлені збагаченням площі поверхні та пористості введенням MgO.

Гібридні багат шарові вуглецеві нанотрубки, покриті біовуглецем, виготовляли шляхом занурення біомаси в різні концентрації розчинів вуглецевих нанотрубок до повільного піролізу. Неочищене біовугілля з гікорі (карія – рід дерев, сімейства горіхових) та жому та композити вуглецевих нанотрубок – біовугілля були розглянуті для використання в адсорбції метиленового синього. Додавання ВНТ суттєво покращило термостійкість, площі поверхні та обсяги пор вугілля з гікорі та жому.

Вуглецеві адсорбенти, такі як активоване вугілля та біовугілля, є універсальними матеріалами для очищення підземних вод, питної води, синтетичних промислових стічних вод та власне стічних вод. Безпосередньо порівняти здатність адсорбції дуже важко через недостатню послідовність даних літератури. Дослідження витрат у літературі не аналізуються; однак вартість біомаси (включаючи її транспортування до місця піролізу) є найбільшими витратами на цей матеріал.

Висновок

Проведений аналіз науково-технічної літератури за обраною темою досліджень дає змогу визначити основні напрями розвитку і застосуванню способів підготовки води у галузі алкогольних напоїв.

Аналіз вказує на потребу дослідження нових видів наноматеріалів під час водопідготовки у виробництві горілок.

Обґрунтована доцільність дослідження наноматеріалів з метою поглиблення очищення води перед зворотноосмотичною установкою для виробництва лікєро-горілкової продукції.

Вибір мети дослідження зумовив вирішення таких задач:

- проведення аналізу існуючих технологій очищення води та різних видів застосовуваних матеріалів для визначення змоги використання нанотехнологічних матеріалів;
- встановити ефективність застосування вибраних зразків нанотехнологічних матеріалів для очищення води за фізико-хімічними та органолептичними показниками;
- визначити соціально-економічну ефективність використання досліджених нанотехнологічних матеріалів для очищення води у виробництві горілок;
- розробити математичну модель застосування нанотехнологічних матеріалів, перевірити її на адекватність;
- передбачити заходи з питань цивільного захисту та охорони праці.

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали досліджень

Дослідження виконувались в науково-дослідній лабораторії кафедри біотехнології продуктів бродіння та виноробства Національного університету харчових технологій.

Матеріалами досліджень були:

- фільтрувальні матеріали (ФМ):

- морденіт природний мінерал; морденіт наноброблений іоно-плазмовою технологією; морденіт наноброблений хімічним синтезом (фракційний склад 1-3 мм та 3,1-5мм);

- обсидіан природний; обсидіан наноброблений іоно-плазмовою технологією; обсидіан наноброблений хімічним синтезом (фракційний склад 1-3 мм та 3,1-5мм);

- опал природний мінерал; опал наноброблений іоно-плазмовою технологією; опал наноброблений хімічним синтезом (фракційний склад 1-3 мм та 3,1-5мм);

- вода питна пом'якшена Київського міського водогону згідно з ДСанПіН 2.4-171-10 [8];

Морденіт – мінерал, водний алюмосилікат натрію, калію та кальцію каркасної будови, групи цеолітів. Хімічна формула за:

- Є.Лазаренком: $\text{Ca}(\text{Na}_2, \text{K}_2)[\text{AlSi}_5\text{O}_{12}]4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,

- К.Фреєм: $(\text{Na}_2, \text{K}_2\text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,

- Г.Штрюбелем: $(\text{Na}_2, \text{K}_2\text{Ca})[\text{AlSi}_5\text{O}_{12}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Склад, %, (з місцевості Морден, Канада): CaO — 2,1; K_2O — 3,5; Na_2O — 2,3; Al_2O_3 — 11,4; SiO_2 — 67,2; H_2O — 13,5.

Сингонія ромбічна. Ромбо-пірамідальний вид. Утворює голчасті, волокнисті, таблитчасті і променисті, нирковидні агрегати.

Обсидіан – магматична гірська порода, різновид вулканічного скла, що утворюється в результаті швидкого охолодження лави (розплавлених гірських порід). Основні мінерали: кварц і польовий шпат

Обсидіан — однорідна вулканогенна гірська порода, чорне, темно-сіре, коричневе вулканічне скло, буває чорне з фіолетовим.

Вміст силікатного скла 80% і більше за об'ємом; вміст води до 1% за масою. Obsidian — масивна гірська порода, що характеризується раковистим, ріжучим зламом, іноді смугастим або плямистим забарвленням. Розрізняють обсидіан нормального, сублужного і лужного рядів. Фізичні властивості залежать від вмісту води і від ступеня розкристалізованості породи.

Опал – аморфний мінерал класу оксидів та гідроксидів. Типовий твердий гідрогель, утворений з аморфізованої суміші двооксиду кремнію та молекулярної води.

Його хімічна формула $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Домішки оксидів CaO, MgO, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO, Na_2O , K_2O . Кількість води змінюється від 0,4 до 28 %

Опал — аморфне тіло, його мікроскопічна структура, як і структура скла, не характеризується кристалічним упорядкуванням. Опал зустрічається в основному у вигляді великих зливків.

Головний компонент деяких осадових гірських порід хімічного та біогенного походження, а також кременистих порід (діатомітів, трепелів, опок та інших). Опал — водомісткий колоїдальний оксид кремнію глобулярної будови. Глобули кремнезему мають розмір 150—400 нм. Глобулярна будова опала породжує опалесценцію — розсіяння світла. Благородний опал відрізняється райдужною грою кольорів причиною якої є дифракція світла на просторовій ґратці, утвореній регулярно розташованими однорозмірними глобулами. Спайність відсутня. Густина 1,9-2,3 (залежить від вмісту води). Твердість за Мосом 5,0-6,5. Колір бурий, білий, блакитний та ін. Блиск скляний. Крихкий. Ізотропний. Зустрічається у вигляді натічних ниркоподібних утворень, сталактитів, а також суцільних або землистих скупчень і щільних, подібних до скла мас. Утворюється при низьких температурах з

гідротермальних розчинів у мигдалинах вулканічних порід і у відкладах гарячих джерел. З часом опал зневоднюється та перетворюється на халцедон або кварц.

Опал зустрічається на всіх континентах. Унікальними у світі вважаються опалові родовища Австралії, які дають понад 95 % світового видобутку цього мінералу. В Україні є в межах Українського щита та Закарпаття. Одним з найбільш вивчених і перспективних в Україні є Талалаївське родовище (Погребищенський район, Вінниччина), де вміст опалу в породі становить 10-40 %.

2.2 Методи досліджень

У роботі використовували такі методи випробувань: органолептичні, фізико-хімічні, спектрофотометричні, капілярно-електрофоретичні.

Проводили систематизацію досліджень, застосовували математичне та статистичне опрацювання, оформляли таблиці і графіки з використанням ПК. Для побудови математичних моделей використовували пакет програм MathCad та Excel.

Аналіз води пом'якшеної до та після її очищення ФМ проводили за органолептичними та фізико-хімічними показниками згідно з чинними нормативними документами (табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1 - Методи досліджень органолептичних показників води пом'якшеної та підготовленої

Назва показника	Одиниця виміру	Нормативний документ	Метод дослідження
Запах, смак	бал	ГОСТ 3351 [4]	органолептичний
Забарвленість	градус	ГОСТ 3351 [4]	фотоколориметричний
Мутність	мг/дм ³	ГОСТ 3351 [4]	фотоколориметричний
Прозорість	од. опт. густини	ДСТУ 5071 [13]	спектрометричний, фотоколориметричний

Таблиця 2.2 - Методи досліджень фізико-хімічних показників води з'якшеної і підготовленої

Назва показника	Одиниця виміру	Нормативний документ	Метод дослідження
Загальна твердість	моль/м ³	ДСТУ ISO 6059 [17]	титрометричний
Лужність загальна	моль/м ³	ДСТУ ISO 9963-1 [19]	титрометричний
Лужність вільна	моль/м ³	ДСТУ ISO 9963-2 [20]	титрометричний
Окиснюваність перманганатна	мг О ₂ /дм ³	ДСТУ 7131 [14]	перманганатометричний
Сухий залишок	мг/дм ³	ГОСТ 18164 [3]	гравіметричний
Водневий показник	од. рН	ДСТУ 4077 [12]	потенціометричний
Масова концентрація:			
Кальцій	мг/дм ³	СОУ 15.9-37-238 [34]	капілярнофоретичний
Магній	мг/дм ³	СОУ 15.9-37-238 [34]	капілярнофоретичний
Залізо	мг/дм ³	ДСТУ 6332 [18]	фотометричний
Силікати	мг/дм ³	ДСТУ 7133 [15]	фотометричний
Фосфати	мг/дм ³	СОУ 15.9-37-238 [34]	фотометричний
Сульфати	мг/дм ³	СОУ 15.9-37-238 [34]	фотометричний
Нітрати	мг/дм ³	СОУ 15.9-37-238 [34]	капілярнофоретичний
Нітрити	мг/дм ³	СОУ 15.9-37-238 [34]	капілярнофоретичний
Окисно-відновний потенціал	мВ	ASTM D 1498-07 [51]	потенціометричний

Ефективність очищення води ФМ встановлювали за різницею органолептичних і фізико-хімічних показників, катіонно-аніонним складом до та після очищення.

2.3 Методика досліджень

Експериментальні дослідження використання різних наноброблених ФМ у підготовці води для виробництва лікєро-горілочаних напоїв проводили в динамічному режимі на створеній власноруч експериментальній установці, яка включала: напірні ємності, фільтр-колонку з відповідним ФМ та приймальний збірник (рис. 2.1).

У дослідженні модифікованого ФМ воду фільтрували у колонках з використанням різних завантажень: матеріалу вихідного без обробок, нанобробленого фільтрувального матеріалу, проводили забір зразків та їх аналіз.

Дослідження мали циклічний режим, який складався з таких послідовних операцій:

- підготовка ФМ;
- фільтрування води на установці крізь фільтрувальне завантаження до досягнення граничних допустимих значень показників за СОУ 15.9-37-237 [32].

Забір проб на аналіз задля контролю якості оброблюваної води проводили кожні 2,0 дм³. За середнього значення прозорості більше ніж 0,005 од. опт. густ., або при каламутності понад 0,5 одиниць НОК фільтр ставили на спушуння та регенерацію.

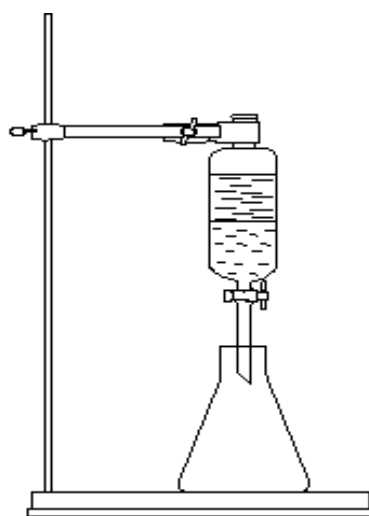


Рис. 2.1 – Експериментальна установка

Спушування та регенерацію проводили для запобігання залежування і видаляння бруду із шару відповідного ФМ, цю операцію проводили із використанням вихідної води. Воду подавали знизу вгору крізь шар ФМ, після проходження води крізь фільтр, відпрацьована вода прямувала до каналізації. При цьому контролювали показники каламутності і прозорості води.

Швидкісного режиму фільтрування дотримувались відповідно до ТР У 18.5084-96 Виробничого технологічного регламенту на виробництво горілок та лікєро-горілочаних напоїв [41], який становив 10 м/год. Після встановлення оптимального технологічного режиму оцінювали якість води підготовленої згідно СОУ 15.9-37-237 [32] та за показниками табл. 2.1, 2.2.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЕФЕКТИВНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ У ТЕХНОЛОГІЇ ГОРІЛОК (експериментальна частина)

Досліджували ФМ природні, ФМ нанооброблені іоно-плазмовою технологією та нанооброблені хімічним синтезом, кожен двох фракцій: 1-3 мм та 3.1-5 мм. Фізико-хімічні, фізико-механічні показники морденіту, обсидіану та опалу було досліджено у роботах [40] та [39]. Ефективність кожного матеріалу визначали порівнюючи показники якості вихідної води та води після фільтрування.

3.1 Дослідження впливу використання морденіту природного та нанообробленого у фільтруванні води

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості води до та після фільтрування через завантаження морденіту різного оброблення представлені у табл. 3.1.1, 3.1.2.

Таблиця 3.1.1 – Органолептичні показники води після фільтрування морденітом природним та нанообробленим

Назва зразка води	Показник НД та одиниця виміру				
	Запах, бал	Смак, бал	Прозорість, одиниці	Мутність, мг/дм ³	Забарвленість, град
1	2	3	4	5	6
Нормативне значення згідно з СОУ 15.9-37-237:2005 [32]	0	0	не більше 0,005	не більше 0,5	не більше 2
Вихідна зм'якшена вода	2	2	0,5	0,5	20
Вода після фільтрування:					
- морденітом (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,1	0,2	2
- морденітом (фракція 1-3 мм)	1	1	0,1	0,1	2

Закінчення табл. 3.1.1

1	2	3	4	5	6
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0	0	0,005	0,02	1
- морденітом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	0	0	0,002	0,03	0,5
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0	0	0	0	0
- морденітом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0	0	0,001	0,01	0,1

З результатів поданих у табл. 3.1.1 видно, що використання нанообробленого морденіту у водопідготовці має більший вплив на органолептичні показники води після фільтрування. Обробка води природним морденітом різних фракцій має майже однаковий вплив.

При обробці води морденітом наномодифікованим (фракція 3,1-5 мм) іоно-плазмовою технологією показник прозорості зменшився у 100 разів, а хімічним синтезом – зменшилась у 250 разів у порівнянні з вихідною водою, що відповідає вимогам стандарту.

Мутність води зменшилась при обробці морденітом нанообробленим (фракція 3,1-5 мм) іоно-плазмовою технологією у 2,5 рази та нанообробленим хімічним синтезом у 1,6 разів до граничних вимог стандарту до води підготовленої.

Забарвленість води зменшилась при обробці морденітом нанообробленим (фракція 3,1-5 мм) іоно-плазмовою технологією у 20 разів та нанообробленим

хімічним синтезом у 40 разів що задовольняє вимоги стандарту до води підготовленої.

Смак і запах, позорість, мутність та забарвленість води при фільтруванні морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією та нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм) відповідають вимогам чинного стандарту на воду підготовлену.

Фізико-хімічні показники води після фільтрування морденіту природним і нанообробленим різних фракцій і технологій обробки наведено в табл. 3.1.2.

Таблиця 3.1.2 – Фізико-хімічні показники води після фільтрування морденітом

Назва показника	Жорсткість загальна, моль/м ³	Лужність, моль/дм ³ ,		Водневий показник рН
		вільна	загальна	
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237:2005	не більше 0,1	не більше 0,002	не більше 2	6,0 – 8,0
Вихідна зм'якшена вода	0,1±0,01	менше 0,002	1,5±0,15	6,8
Вода після фільтрування:				
- морденітом (фракція 3,1-5 мм)	0,1±0,01	менше 0,002	1,7±0,17	6,9
- морденітом (фракція 1-3 мм)	0,07±0,007	менше 0,002	1,5±0,15	6,75
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0,09±0,009	менше 0,002	1,4±0,14	6,7
- морденітом нанообробленим хімічним синтезом фракція 3,1-5 мм	0,00±0,01	менше 0,002	1,4±0,14	6,7
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0,05±0,005	менше 0,002	1,2±0,12	6,6
- морденітом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0,05±0,005	менше 0,002	1,2±0,012	6,6

Фізико-хімічні показники води після фільтрування морденітом різного оброблення наведено у табл. 3.1.3.

Таблиця 3.1.3 – Фізико-хімічні показники води до та після фільтрування морденітом природним та нанообробленим

Назва показника	Масова концентрація, мг/дм ³					
	кальцію	магнію	хлоридів	сульфатів	нітритів	Силікатів
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237	не більше 0,1	не більше 0,1	не більше 60	не більше 60	не більше 2	не більше 5
Вихідна зм'якшена вода	0,95± 0,1	0,95± 0,1	15± 1,5	12 ±2,4	0,2± 0,04	4,5±0,9
Вода після фільтрування:						
- морденітом (фракція 3,1-5 мм)	0,95± 0,1	0,8± 0,1	15±1,5	12±2,4	0,17± 0,03	4,5±0,9
- морденітом (фракція 1-3 мм)	0,7± 0,1	0,7± 0,1	15±1,5	12±2,4	0,15± 0,03	4,5±0,9
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0,88± 0,1	0,85± 0,1	12±1,2	10±2	0,13± 0,03	4,3±0,86
- морденітом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	0,88± 0,1	0,85± 0,1	14±1,4	10±2	0,15± 0,03	4,3±0,86
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0,5± 0,05	0,5± 0,05	10±1,0	8±1,6	0,1± 0,02	4,2± 0,84
- морденітом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0,5± 0,05	0,5± 0,05	12±1,2	10±2	0,12± 0,02	4,2± 0,84

Встановлено, що визначені показники кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів, нітритів, силікатів води після фільтрування морденітом природним та нанообробленим змінюються в межах похибки методу визначення, що є позитивним і свідчить про хімічну стійкість матеріалу.

Залежність перманганатної окиснюваності води від фракційного складу і способу обробки морденіту, який використовували у фільтруванні вихідної води наведено на рис. 3.1.1.



Рис. 3.1.1 – Вплив наномодифікації морденіту на перманганатну окиснюваність води до та після очищення

Встановлено, що за допомогою морденіту наномодифікованого іоноплазмовою технологією та хімічним синтезом (фракція 1,0-3 мм) перманганатна окиснюваність обробленої води зменшується у 1,6 - 2 рази.

За допомогою морденіту наномодифікованого іоноплазмовою технологією та хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) перманганатна окиснюваність обробленої води зменшується у 1,3 рази.

Очищення наномодифікованим морденітом (фракція 1,0-3 мм) у порівнянні з природним морденітом поглиблює зменшення органічних речовин в 1,45 разів, які характеризуються показником перманганатної окиснюваності.

При очищенні води наномодифікованим морденітом (фракція 3,1-5 мм) у порівнянні з природним морденітом спостерігається зменшення перманганатної окиснюваності на 15%.

На рис. 3.1.2 показано вплив природного та наномодифікованого морденіту різного фракційного складу на окисно-відновний потенціал води.



Рис. 3.1.2 – Вплив природного та наномодифікованого морденіту різного фракційного складу на окисно-відновний потенціал води

Визначено, що морденіт наномодифікований іоно-плазмовою технологією та хімічним синтезом (фракція 1,0-3 мм) зменшує окисно-відновний потенціал води обробленої води у порівнянні з вихідною питною водою зменшується в 1,7 рази, водою очищеною морденітом природним - в 1,4-1,5 рази.

За допомогою морденіту наномодифікованого іоно-плазмовою технологією та хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) окисно-відновний потенціал обробленої води у порівнянні з вихідною питною водою зменшується у 1,45 разів, водою очищеною морденітом природним - на 15%.

На рис. 3.1.3 наведено показники масової концентрації марганцю і заліза у воді, яку було очищено природним та наномодифікованим морденітом.

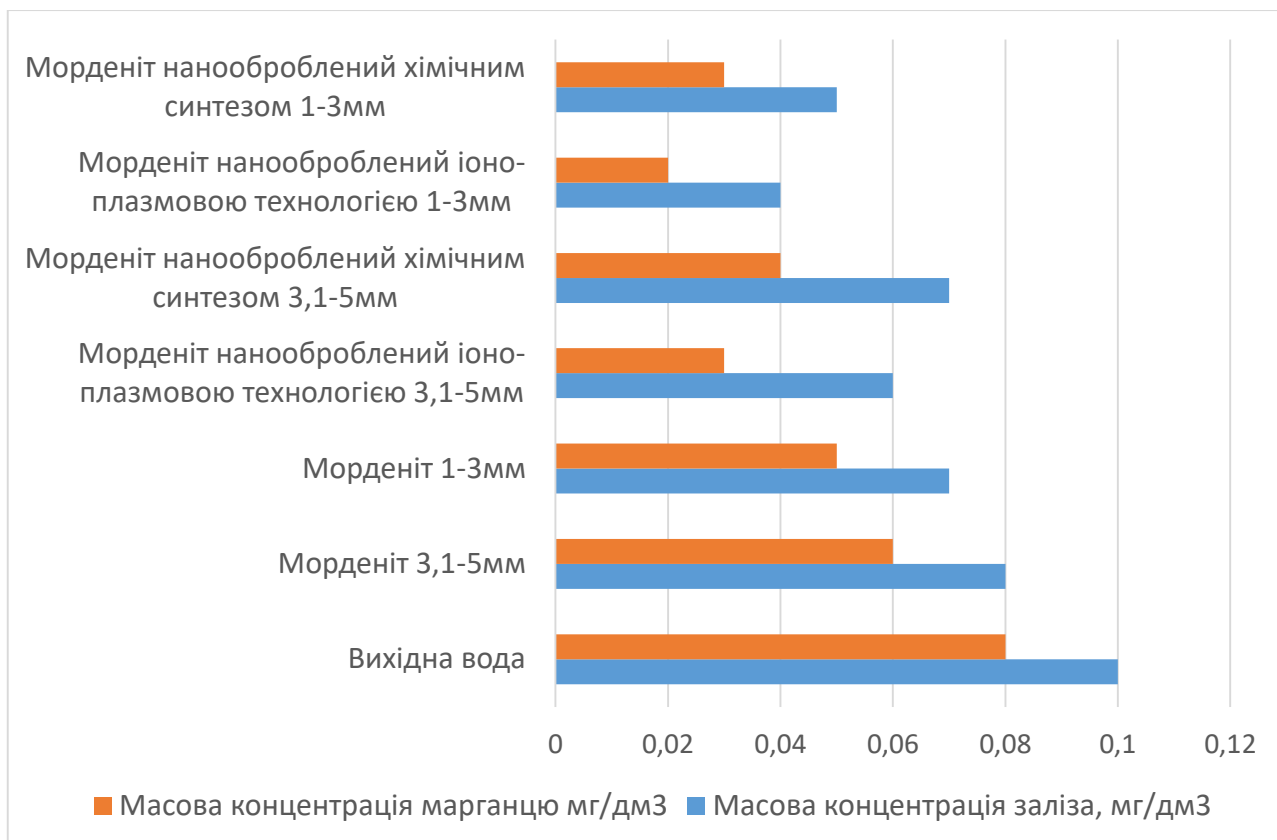


Рис. 3.1.3 – Масова концентрація марганцю і заліза у воді, яку було очищено природним та наномодифікованим морденітом різних фракцій

Встановлено, що очищення води морденітом наномодифікованим іоно-плазмовою технологією та хімічним синтезом (фракція 1,0-3 мм) дає змогу зменшити масову концентрацію заліза та марганцю у порівнянні з водою:

- обробленою природним морденітом - 1,5 разів,
- вихідною в 2 рази.

Після фільтрування води морденітом наномодифікованим іоно-плазмовою технологією та хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) дає змогу зменшити масову концентрацію заліза та марганцю у порівнянні з водою:

- обробленою природним морденітом - змінюється в межах похибки вимірювання,
- вихідною в 1,33 рази.

На рис. 3.1.4 наведено показники масової концентрації нітратів у обробленій воді природним та наномодифікованим морденітом різних фракцій.

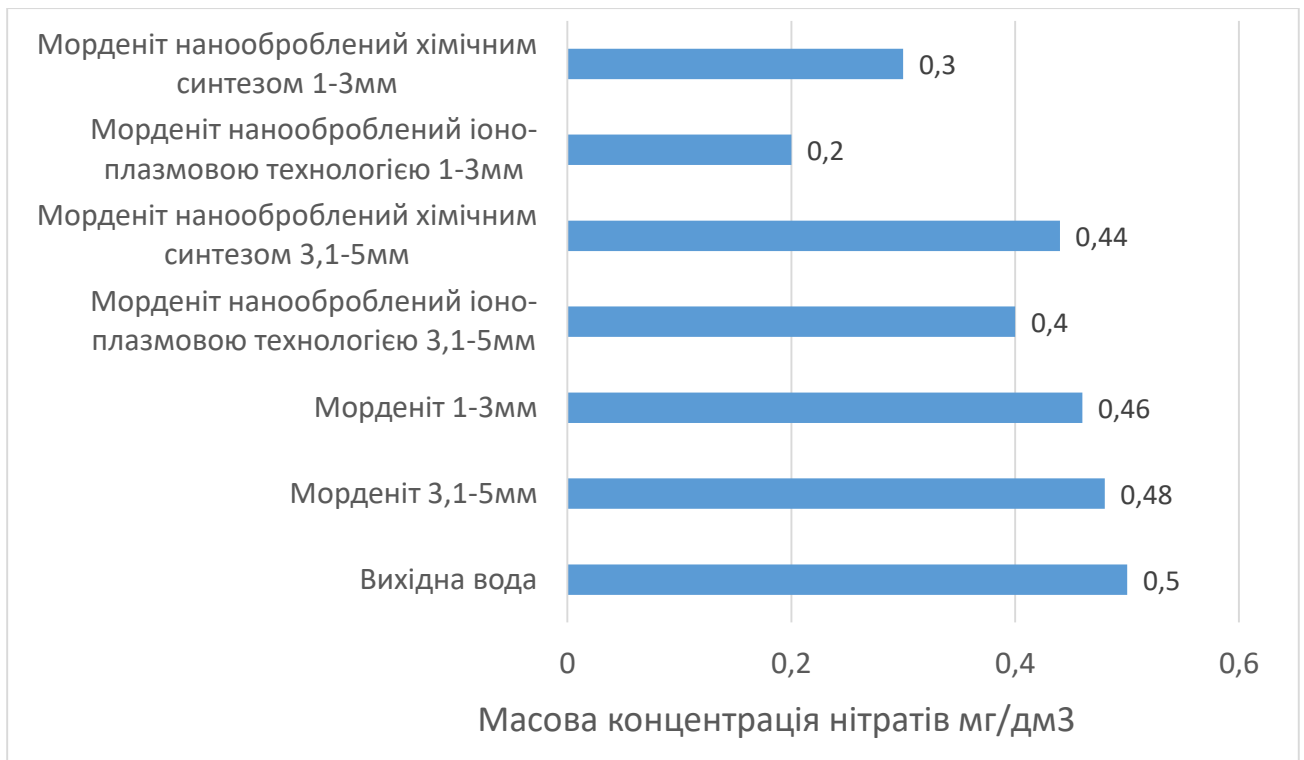


Рис. 3.1.4 – Масова концентрація нітратів у воді, яку було очищено природним та наномодифікованим морденітом різних фракцій

Встановлено, що очищення води морденітом наномодифікованим іоно-плазмовою технологією (фракція 1,0-3 мм) дає змогу зменшити масову концентрацію нітратів у порівнянні з водою:

- обробленою природним морденітом - 2,35 разів,
- вихідною в 2,5 рази.

При очищенні води морденітом наномодифікованим хімічним синтезом (фракція 1,0-3 мм) масова концентрація нітратів знижується у порівнянні з водою:

- обробленою природним морденітом – у 1,56 разів,
- вихідною – у 1,6 разів.

Очищення води морденітом наномодифікованим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм) зменшує масову концентрацію нітратів у порівнянні з водою:

- обробленою природним морденітом - 17%,
- вихідною в 1,25 рази.

При очищенні води морденітом наномодифікованим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) дає змогу зменшити масову концентрацію нітратів у порівнянні з водою:

- обробленою природним морденітом – 10 %,
- вихідною – в 1,25 рази.

3.2 Дослідження впливу обсидіану природного та нанообробленого на показники якості підготовленої води

Органолептичні показники якості води після фільтрування через завантаження обсидіану природного та наномодифікованого представлені у табл. 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 – Органолептичні показники води після обробки обсидіаном природним та нанообробленим

Зразок води	Показник НД та одиниця виміру				
	Запах, бал	Смак, бал	Прозорість, од	Мутність, мг/дм ³	Забарвленість, град
1	2	3	4	5	6
Нормативне значення згідно з СОУ 15.9-37-237:2005 [32]	0	0	не більше 0,005	не більше 0,5	не більше 2
Вихідна зм'якшена вода	2	2	0,5	0,5	20
Вода після фільтрування:					
- обсидіаном (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,1	0,2	2
- обсидіаном (фракція 1-3 мм)	1	1	0,05	0,1	1
- обсидіаном нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,005	0,15	0,2
- обсидіаном нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,007	0,18	0,5

Закінчення таблиці 3.2.1

1	2	3	4	5	6
- обсидіаном нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0	0	0	0	0
- обсидіаном нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0	0	0,001	0,1	0,2

За результатами, поданими у табл. 3.2.1, видно, що використання природного обсидіану дозволяє знизити показник прозорості води у 5 разів (фракція 3,1-5 мм) і у 10 разів (фракція 1-3 мм) у порівнянні з показником прозорості вихідної води, але цей показник все одно значно не відповідає нормативному.

При використанні обсидіану нанообробленого хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) показник прозорості зменшився у 71 раз, іоно-плазмовою технологією у 100 разів, у порівнянні із вихідною водою, що дозволило отримати показники прозорості граничні вимогам стандарту до води підготовленої.

Показник мутності зменшився при використанні обсидіану у порівнянні з вихідною водою:

- природного (фракція 3,1-5 мм) – у 2,5 разів;
- природного (фракція 1-3 мм) і нанообробленого хімічним синтезом (фракція 1-3 мм) – у 5 разів;
- нанообробленого іоно-плазмовою технологією (фракції 3,1-5 мм) – у 3,3 рази;
- нанообробленого хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) – у 2,7 разів.
- нанообробленого іоно-плазмовою технологією (фракції 1-3 мм) – повністю відсутній.

Усі наведені показники мутності відповідають вимогам.

Показник забарвленості при використанні обсидіану зменшився у порівнянні із вихідною водою:

- природного (фракція 3,1-5 мм) – у 10 разів;
- природного (фракція 1-3 мм) – у 20 разів;
- нанобробленого іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм) і нанобробленого хімічним синтезом (фракція 1-3 мм) – у 100 разів;
- нанобробленого хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) – у 40 разів.
- нанобробленого іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм) – повністю відсутній.

Усі наведені показники забарвленості відповідають вимогам.

Показники смаку і запаху отримані при використанні обсидіану природного (фракцій 3,1-5 мм і 1-3 мм) та при використанні обсидіану нанобробленого хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм) не відповідають вимогам.

Використання обсидіану нанобробленого іоно-плазмовою технологією і хімічним синтезом (фракція 1-3 мм) дало змогу отримати воду, яка за всіма органолептичними показниками відповідає вимогам стандарту до води підготовленої. У табл. 3.2.2 наведено фізико-хімічні показники води після фільтрування через обсидіан природний і наноброблений різних фракцій і технологій обробки.

Таблиця 3.2.2 – Фізико-хімічні показники води після фільтрування обсидіаном природним та нанобробленим

Назва показника	Жорсткість загальна, моль/м ³	Лужність, моль/дм ³ ,		Водневий показник Рн
		вільна	загальна	
1	2	3	4	5
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237:2005	не більше 0,1	не більше 0,002	не більше 2	6,0 – 8,0
Вихідна зм'якшена вода	0,1±0,01	менше 0,002	1,5±0,15	6,8
Вода після фільтрування:				
- обсидіаном (фракція 3,1-5 мм)	0,1±0,001	менше 0,002	1,4±0,14	6,9

Закінчення таблиці 3.2.2

1	2	3	4	5
- обсидіаном (фракція 1-3 мм)	0,1±0,001	менше 0,002	1,3±0,13	6,85
- обсидіаном нанообробленим іоно- плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0,1±0,001	менше 0,002	1,4±0,14	6,75
- обсидіаном нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	0,1±0,001	менше 0,002	1,3±0,13	6,75
- обсидіаном нанообробленим іоно- плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0,08±0,008	менше 0,002	1,2±0,12	6,6
- обсидіаном нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0,08±0,008	менше 0,002	1,2±0,12	6,65

Згідно з даними, поданими у табл. 3.2.2, показники води фільтрованої через різні модифікації та фракції обсидіану змінюються у межах похибки методу визначення. Показники жорсткості води після фільтрування на кожному завантаженні близькі до граничних показників нормативної документації. Усі інші показники води відповідають вимогам.

Фізико-хімічні показники води після фільтрування обсидіаном природним та наномодифікованим, наведено у табл. 3.2.3.

Таблиця 3.2.3 – Фізико-хімічні показники води після фільтрування обсидіаном

Назва показника	Масова концентрація, мг/дм ³					
	кальцію	магнію	хлоридів	сульфатів	нітритів	Силікатів
1	2	3	4	5	6	7
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237	не більше 0,1	не більше 0,1	не більше 60	не більше 60	не більше 2	не більше 5
Вихідна зм'якшена вода	0,95± 0,1	0,95± 0,1	15±1,5	12±2,4	0,2± 0,04	4,5±0,9

Закінчення табл. 3.2.3

1	2	3	4	5	6	7
<i>Вода після фільтрування :</i>						
- обсидіаном (фракція 3,1-5 мм)	0,95± 0,1	0,95± 0,1	15±1,5	12±2,4	0,17± 0,04	4,5±0,9
- обсидіаном (фракція 1-3 мм)	0,95± 0,1	0,95± 0,1	15±1,5	12±2,4	0,15± 0,03	4,5±0,9
- обсидіаном нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0,95± 0,1	0,95± 0,1	14±1,4	12±2,4	0,14± 0,03	4,2±0,84
- обсидіаном нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	0,95± 0,1	0,75± 0,1	14±1,4	12±2,4	0,14± 0,03	4,2±0,84
- обсидіаном нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0,85± 0,085	0,75± 0,1	12±1,2	10±2	0,12± 0,024	4±0,8
- обсидіаном нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0,95± 0,1	0,95± 0,1	13±1,3	10±2	0,12± 0,024	4±0,8

Встановлено, що визначені показники кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів, нітритів, силікатів води після фільтрування обсидіаном природним та нанообробленим змінюються в межах похибки методу визначення, що є позитивним і свідчить про хімічну стійкість матеріалу.

Після фільтрування вихідної води обсидіаном природним та модифікованим різних фракцій та різних методів обробки показники вмісту кальцію і магнію не відповідають вимогам стандарту на підготовану воду, показники вмісту хлоридів сульфатів та нітритів відповідають вимогам стандарту, показники вмісту силікатів лежать у межах, граничних вимогам стандарту.

Вплив природного обсидіану та наномодифікованого різного фракційного складу та способу обробки на зміну перманганатної окиснюваності води, наведено на рис. 3.2.1.



Рис. 3.2.1 – Вплив природного обсидіану та наномодифікованого різного фракційного складу та способу обробки на зміну перманганатної окиснюваності води

Встановлено, що використання обсидіану наномодифікованого хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм) дозволяє знизити перманганатну окиснюваність обробленої води у 1,25 рази у порівнянні з вихідною водою.

Використання обсидіану наномодифікованого хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм) дозволяє знизити перманганатну окиснюваність у порівнянні із вихідною водою в 1,4 і 1,6 рази відповідно.

У порівнянні із природним обсидіаном наномодифікований іоно-плазмовою технологією, а також хімічним синтезом обсидіан (фракція 3,1-5 мм) дозволяє на 15% глибше очистити воду від органічних домішок, які характеризуються показником перманганатної окиснюваності.

При використанні обсидіану наномодифікованого іоно плазмовою технологією (фракція 1-3 мм) перманганатна окиснюваність зменшується в 1,56 разів, а методом хімічного синтезу (фракція 1-3 мм) – в 1,32 у порівнянні із природним обсидіаном.

У порівнянні із наномодифікованим обсидіаном (фракція 3,1-5 мм) обсидіан наномодифікований хімічним синтезом (фракція 1-3 мм) дозволяє на 14%, а іоно-плазмовою технологією на 33% краще очищати воду від органічних речовин.

На рис. 3.2.2 показано залежність окисно-відновного потенціалу води від способу обробки води матеріалом обсидіаном.

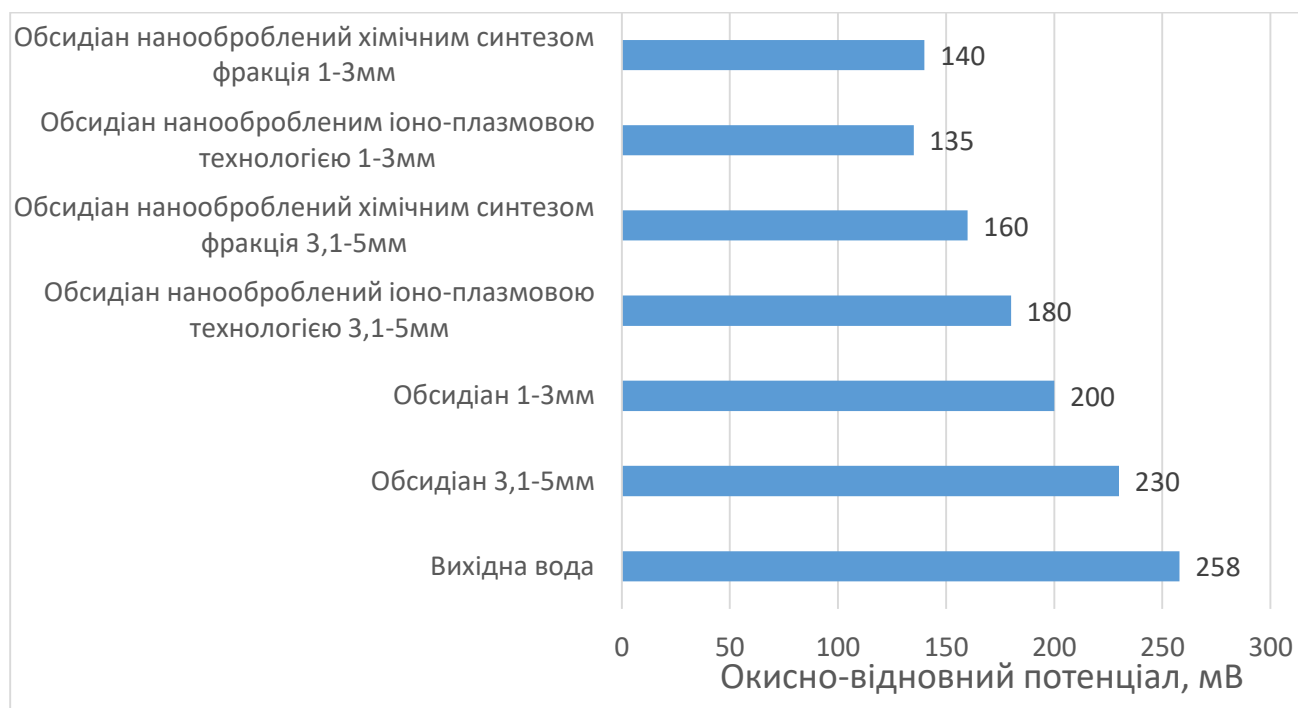


Рис. 3.2.2 – Залежність окисно-відновного потенціалу води від способу обробки обсидіаном

Встановлено, що при фільтруванні через природний обсидіан (фракцій 3,1-5 мм і 1-3 мм) знижується окисно-відновний потенціал води на 12% та на 29% відповідно.

Обсидіан наномодифікований хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5мм), знижує окисно-відновлений потенціал фільтрованої крізь нього вихідної води у 1,61 та у 1,43 рази відповідно, що

більше на 25% та 11%, аніж при використанні природного обсидіану (фракція 1-3 мм).

При використанні обсидіану нанобробленого (фракція 1-3мм) окисно-відновний потенціал очищеної води знижується у 1,88 рази у порівнянні із вихідною водою, це на 16% більше, аніж при використанні нанобробленого хімічним синтезом обсидіану (фракція 3,1-5 мм).

На рис. 3.3.3 наведено масову концентрацію марганцю і заліза після очищення води природним обсидіаном та наномодифікованим обсидіаном різного фракційного складу.

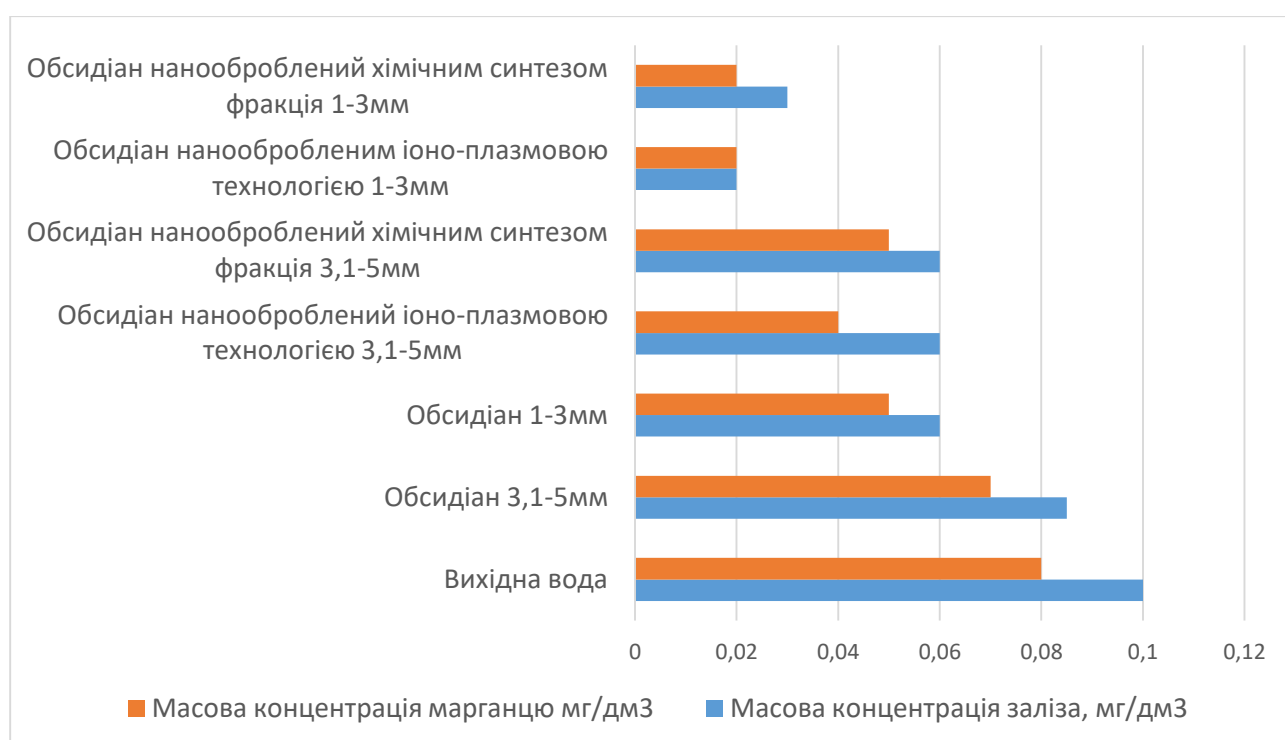


Рис. 3.3.3 – Масова концентрація марганцю і заліза у воді очищеній обсидіаном природним та наномодифікованим

Визначено, що масова концентрація заліза і марганцю за використання обсидіану нанобробленого (фракція 3,1-5мм) у фільтрованій крізь нього воді зменшується у 1,8 разів у порівнянні з вихідною водою та у межах похибки методу вимірювання у порівнянні з водою, фільтрованою крізь природний обсидіан.

За використання обсидіану нанобробленого (фракція 1-3мм) масова концентрація заліза та марганцю у воді зменшується у 3,6 рази у порівнянні із

вихідною водою та у 2,6 разів у порівнянні із водою, фільтрованою крізь природний обсидіан.

Масову концентрацію нітратів у обробленій воді природним обсидіаном та обсидіаном нанообробленим наведено на рис. 3.3.4.

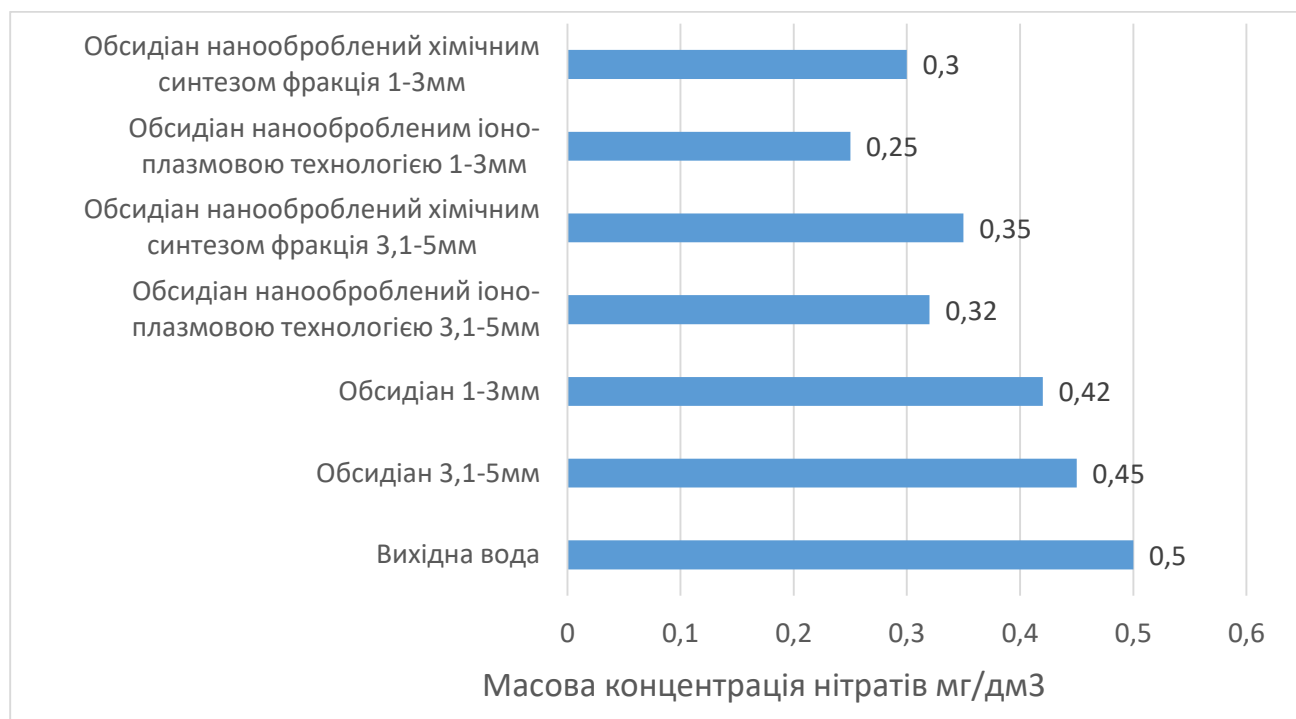


Рис. 3.3.4 – Масова концентрація нітратів у воді очищеній обсидіаном різного фракційного складу та модифікації

Встановлено, що масова концентрація нітратів при використанні обсидіану наномодифікованого (фракція 3,1-5 мм) зменшилась у 1,5 разів у порівнянні із вихідною водою та у 1,3 рази у порівнянні з водою, фільтрованою крізь природний обсидіан.

Масова концентрація нітратів у воді обробленій при використанні обсидіану нанообробленого (фракція 1-3 мм) для фільтрування зменшилась у 1,85 разів у порівнянні з вихідною водою та у 1,59 разів у порівнянні із водою, фільтрованою крізь природний обсидіан.

Показники вмісту нітратів у воді після фільтрування обсидіаном наномодифікованим фракцій 3,1-5 мм і 1-3 мм у порівнянні між собою змінюються в межах похибки методу визначення.

3.3 Дослідження впливу використання опалу природного та нанообробленого у фільтруванні води

Органолептичні показники якості води після фільтрування через завантаження опалу природного і нанообробленого різних фракцій і способів обробки представлені у табл. 3.3.1.

Таблиця 3.3.1 – органолептичні показники води після фільтрування через опал.

Зразок води	Показник НД та одиниця виміру				
	Запах, бал	Смак, бал	Прозорість, од	Мутність, мг/дм ³	Забарвленість, град
Нормативне значення згідно з СОУ 15.9-37-237:2005 [32]	0	0	не більше 0,005	не більше 0,5	не більше 2
Вихідна зм'якшена вода	2	2	0,5	0,5	20
Вода після фільтрування:					
- опалом (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,1	0,2	2
- опалом (фракція 1-3 мм)	0,5	0,5	0,1	0,15	1,5
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,005	0,15	0,2
- опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	1	1	0,008	0,18	0,5
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0	0	0	0	0
- опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0	0	0,002	0,1	0,1

Показники запаху і смаку води після фільтрування природним опалом і опалом нанообробленим (фракція 3,1-5 мм) не відповідають вимогам.

При фільтруванні води опалом нанообробленим (фракція 1-3мм) показники запаху і смаку відповідають вимогам стандарту на підготовлену воду.

Визначено, що при фільтруванні опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) показник прозорості значно знизився у порівнянні із вихідною водою, але не відповідає вимогам, при фільтруванні опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм) показник прозорості води є в межах границі вимог.

Встановлено, що при фільтруванні опалом нанообробленим обох технологій обробки (фракція 1-3 мм) показник прозорості води відповідає нормативним вимогам стандарту.

Мутність води при фільтруванні опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією і хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм) у порівнянні із вихідною водою зменшилась у 3,33 і 2,7 рази відповідно, у порівнянні із водою, фільтрованою через природний опал, різниця знаходиться у межах похибки методу визначення. Ці показники відповідають нормі.

При фільтруванні води опалом нанообробленим (фракція 1-3 мм) мутність зменшилась у порівнянні з вихідною водою у 5 разів, цей показник відповідає вимогам.

Забарвленість води значно знизилась після фільтрування води крізь опал нанооброблений, для прикладу, при фільтруванні води опалом природним (фракція 1-3 мм) забарвленість зменшилась у 13,3 рази у порівнянні з вихідною водою, а при фільтруванні води опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм) у порівнянні із водою фільтрованою природним опалом забарвленість зменшилась у 15 разів. Показники забарвленості після фільтрування природнім опалом є в межах границі норми визначення, після фільтрування опалом нанообробленим – відповідають нормі і є меншими приблизно у 10 разів.

У табл. 3.3.2 наведено фізико-хімічні показники води після фільтрування через завантаження опалу природнього і нанообробленого різних фракцій і технологій обробки.

Табл. 3.3.2 – Фізико-хімічні показники води після фільтрування опалом

Назва показника	Жорсткість загальна, моль/м ³	Лужність, моль/дм ³ ,		Водневий показник Рн
		вільна	загальна	
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237:2005	не більше 0,1	не більше 0,002	не більше 2	6,0 – 8,0
Вихідна зм'якшена вода	0,1±0,01	Менше 0,002	1,5±0,15	6,8
Вода після фільтрування:				
- опалом (фракція 3,1-5 мм)	0,1±0,01	Менше 0,002	1,7±0,17	6,9
- опалом (фракція 1-3 мм)	0,08±0,008	Менше 0,002	1,8±0,18	6,9
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0,09±0,009	Менше 0,002	1,5±0,15	6,8
- опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	0,09±0,009	Менше 0,002	1,6±0,16	6,73
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0,07±0,007	Менше 0,002	1,4±0,14	6,6
- опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0,08±0,008	Менше 0,002	1,4±0,14	6,6

Катіонно-аніонний склад води після фільтрування опалом наведено у табл.

3.3.3

Таблиця 3.3.3 – Катіонно-аніонний склад води після фільтрування опалом

Назва показника	Масова концентрація, мг/дм ³					
	кальцію	магнію	хлоридів	сульфатів	нітритів	силікатів
1	2	3	4	5	6	7
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237:2005	не більше 0,1	не більше 0,1	не більше 60	не більше 60	не більше 2	не більше 5
Вихідна зм'якшена вода	0,95±0,1	0,95±0,1	15±1,5	12±2,4	0,2±0,04	4,5±0,9
Вода після фільтрування:						
- опалом (фракція 3,1-5 мм)	0,95±0,1	0,95±0,1	15±1,5	12±2,4	0,15±0,03	4,5±0,9
- опалом (фракція 1-3 мм)	0,85±0,1	0,75±0,08	15±1,5	12±2,4	0,12±0,02	4,5±0,9
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм)	0,85±0,1	0,95±0,1	13±1,3	11±2,2	0,12±0,02	4,2±0,84
- опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 3,1-5 мм)	0,95±0,1	0,85±0,09	14±1,4	12±2,4	0,13±0,03	4,2±0,84
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	0,75±0,08	0,65±0,07	12±1,2	9±1,8	0,1±0,02	4±0,8
- опалом нанообробленим хімічним синтезом (фракція 1-3 мм)	0,85±0,09	0,75±0,08	13±1,3	10±2	0,12±0,024	4±0,8

Встановлено, що визначені показники кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів, нітритів, силікатів води після фільтрування опалом природним та нанообробленим змінюються в межах похибки методу визначення, що є позитивним і свідчить про хімічну стійкість матеріалу.

Після фільтрування вихідної води опалом природнім та модифікованим різних фракцій та різних методів обробки, показники вмісту кальцію і магнію не відповідають вимогам стандарту на підготовану воду, показники вмісту хлоридів сульфатів та нітритів відповідають вимогам стандарту, показники вмісту силікатів лежать у межах, граничних вимогам стандарту.

Залежність перманганатної окиснюваності води від фракційного складу і способу обробки опалу, який використовували у фільтруванні вихідної води наведено на рис. 3.3.1

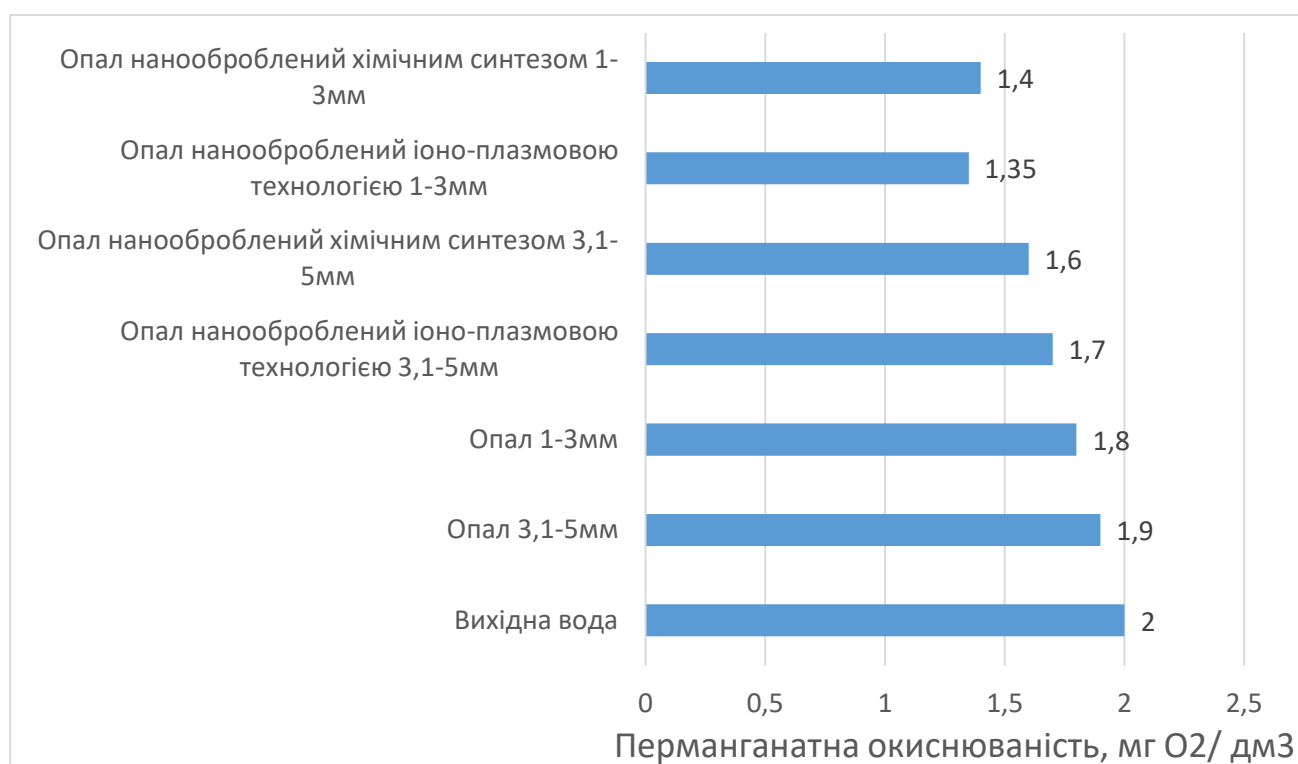


Рис. 3.3.1 – Залежність перманганатної окиснюваності води від обраної модифікації опалу для її фільтрування

Встановлено, що перманганатна окиснюваність води після фільтрування опалом нанобробленим (фракція 3,1-5 мм) зменшилась у 1,21 разів у порівнянні з вихідною водою і на 12% у порівнянні із водою, фільтрованою крізь природний опал.

Після фільтрування опалом нанобробленим (фракція 1-3 мм) вміст органічних речовин, який характеризується перманганатною окиснюваністю води зменшився у 1,45 разів у порівнянні з вихідною водою, у 1,34 разів у

порівнянні із водою, фільтрованою крізь природний опал і у 1,2 рази у порівнянні з водою, фільтрованою крізь опал наноброблений (фракція 1-3 мм).

Показники перманганатної окиснюваності, отримані при фільтруванні води крізь природний опал лежать в межах границі вимог, натомість показники, отримані при фільтруванні води крізь опал наноброблений хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракцій 1-3 мм і 3,1-5 мм) відповідають вимогам стандарту на воду підготовлену.

На рис. 3.3.2 показана залежність окисно-відновного потенціалу води від обраної для її фільтрування модифікації опалу.

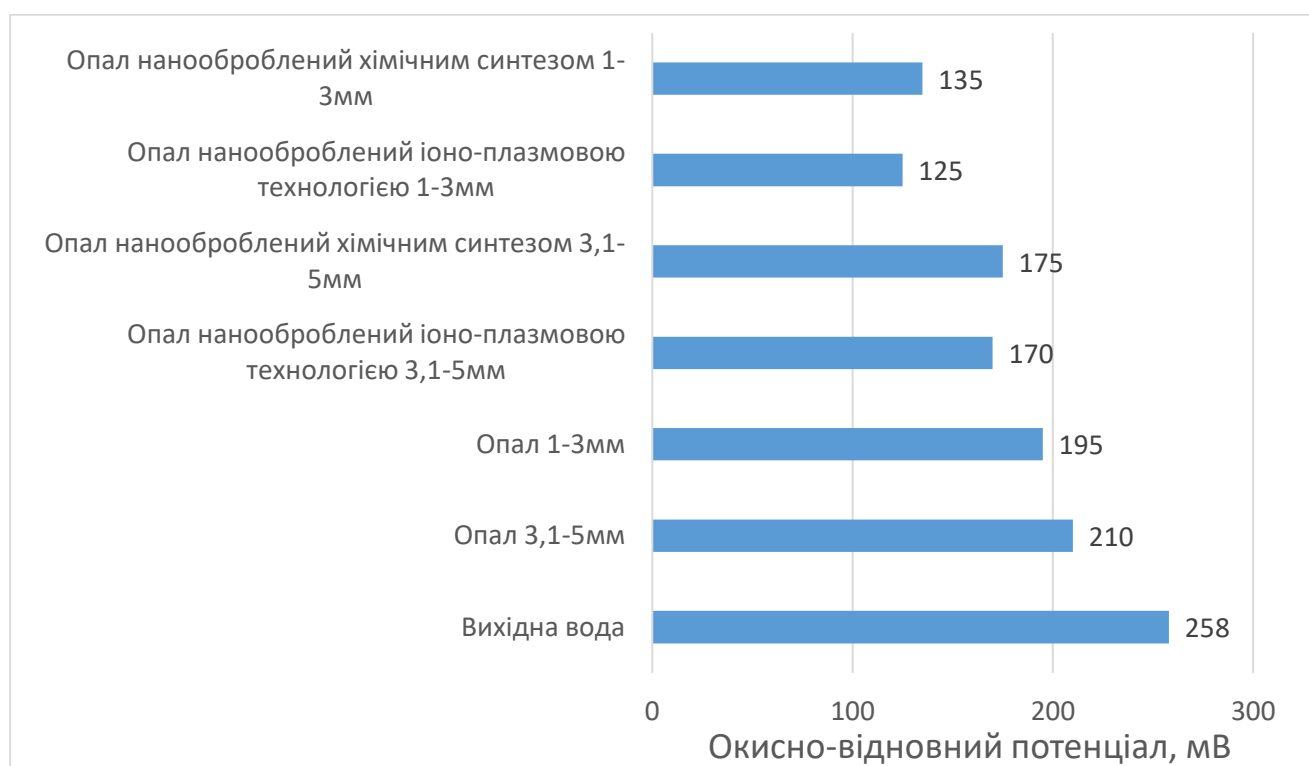


Рис. 3.3.2 – Залежність окисно-відновного потенціалу води від обраної модифікації опалу

За показниками на рисунку 3.3.2 встановлено, що при фільтруванні води через завантаження опалу нанобробленого(фракція 3,1-5мм) окисно-відновний потенціал зменшився у 1,49 разів у порівнянні з вихідною водою та на 18% у порівнянні з водою після фільтрування крізь завантаження природного опалу.

При фільтруванні води через завантаження опалу наномодифікованого (фракція 1-3 мм) окисно-відновний потенціал зменшився у 1,98 разів у порівнянні з вихідною водою, у 1,57 разів у порівнянні з водою, фільтрованою крізь природний опал та у 1,32 рази у порівнянні з водою, фільтрованою крізь опал нанооброблений двох способів модифікації (фракція 3,1-5 мм).

На рис. 3.3.3 наведено показники масової концентрації марганцю і заліза у воді в залежності від обраної модифікації опалу для фільтрування.

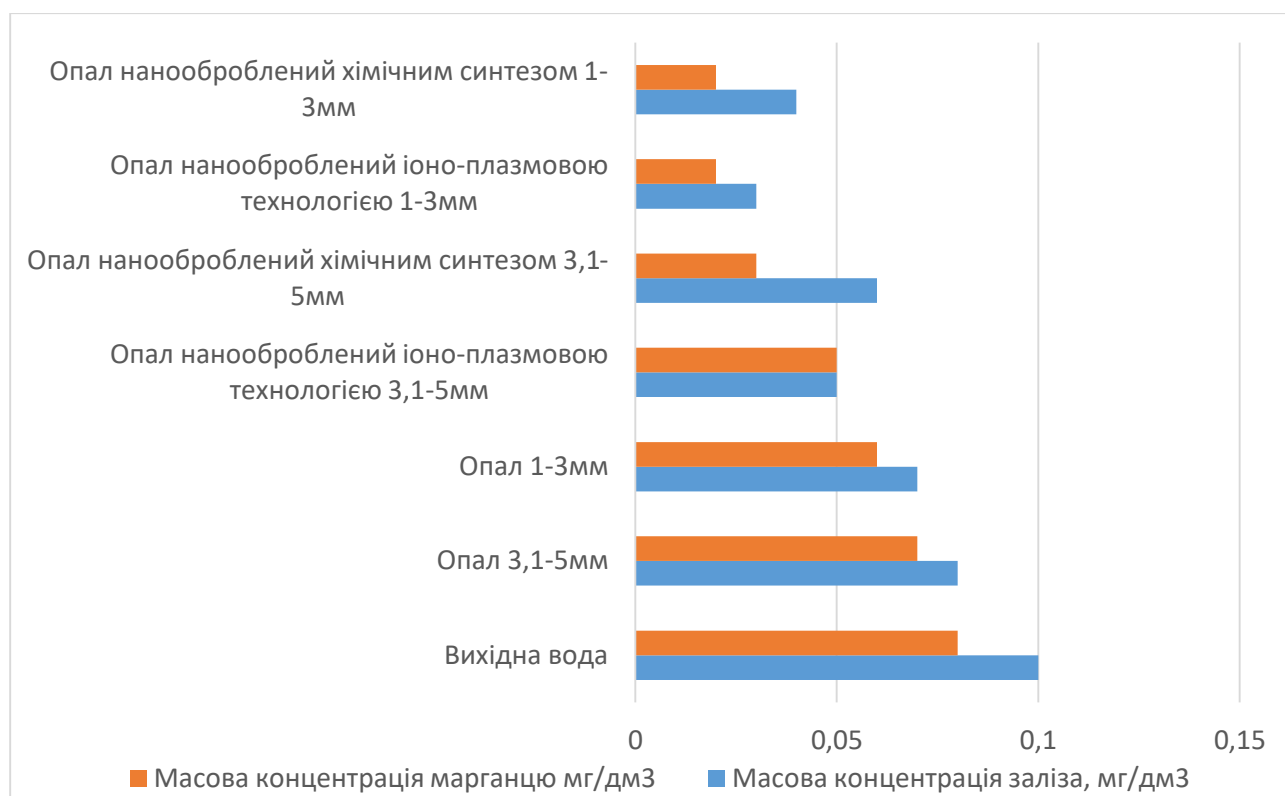


Рис. 3.3.3 – Масова концентрація марганцю і заліза у воді очищеній природним та наномодифікованим опалом

Визначено, що використання опалу нанообробленого хімічним синтезом і іоно-плазмовим методом (фракція 3,1-5мм) при фільтруванні води дозволяє знизити вміст марганцю у 2,6 та у 1,6 рази відповідно, а вміст заліза у 1,6 при використанні опалу нанообробленого хімічним синтезом та у 2 рази при використанні опалу нанообробленого іоно-плазмовим методом у порівнянні з вихідною водою.

Використання опалу нанобробленого хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм) у фільтруванні води однаково дає змогу знизити вміст марганцю у 4 рази, а заліза у 2,5 та 3,33 рази відповідно у порівнянні з вихідною водою.

При використанні опалу нанобробленого іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5 мм) отримані показники обробленої води лежать в межах границі вимог. Показники, що відповідають вимогам стандарту на воду підготовлену було отримано за використання опалу наномодифікованого хімічним синтезом і іоно-плазмовим методом (фракція 1-3 мм).

На рис. 3.3.4 наведено показники масової концентрації нітратів у обробленій воді в залежності від обраної модифікації опалу.

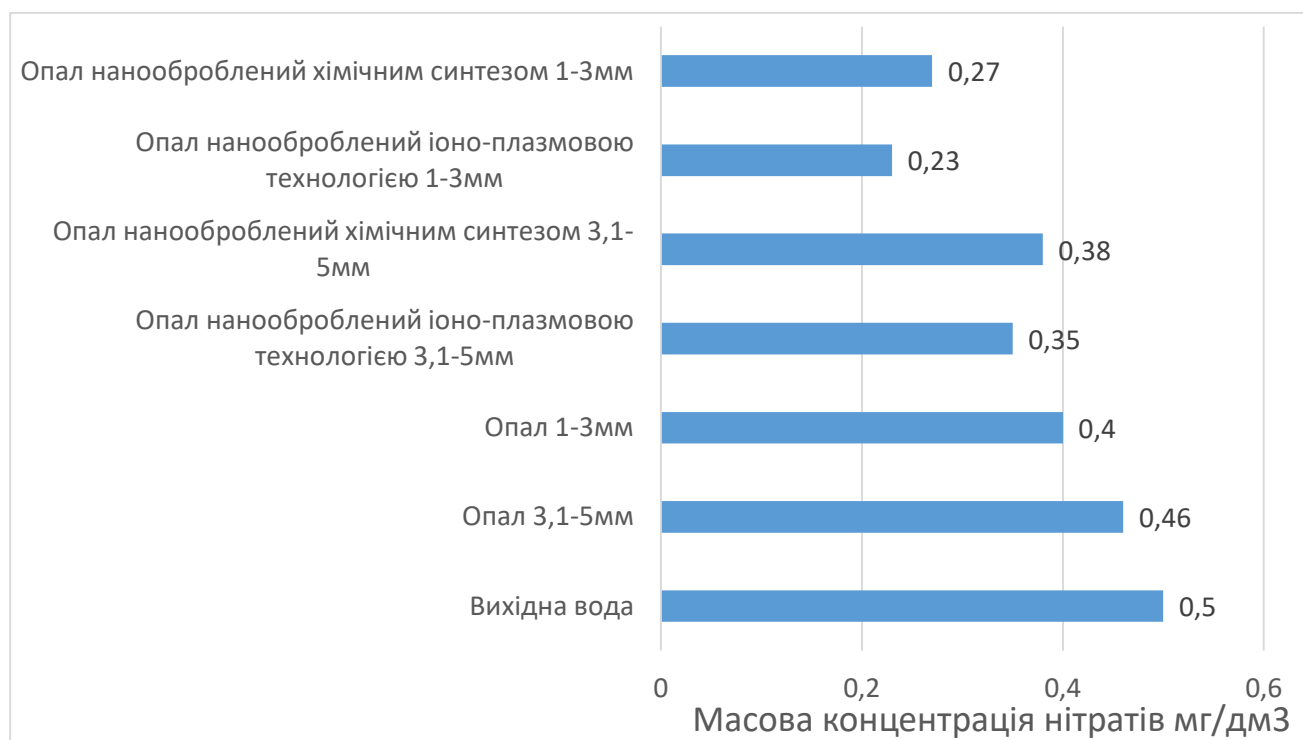


Рис. 3.3.4 – Масова концентрація нітратів у воді в залежності від обраної модифікації опалу для її фільтрування.

Встановлено, що при використанні опалу наномодифікованого хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 3,1-5мм) масова концентрація нітратів зменшилась у порівнянні з вихідною водою в обробленій воді у

1,31 разів та у 1,42 рази відповідно, та на 17% у порівнянні з водою, яку фільтрували на завантаженні природного опалу.

При використанні опалу наномодифікованого хімічним синтезом і іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм) вміст нітратів у воді зменшився у порівнянні з вихідною водою у 1,85 та у 2,17 рази відповідно.

3.4 Визначення ефективності оброблення води нанообробленими матеріалами

Враховуючи отримані в результаті досліджень показники води, яку фільтрували крізь різні фільтрувальні матеріали і їх модифікації, котрі варіювались фракційністю даного фільтрувального матеріалу і технологією обробки наноматеріалами, можна зробити висновок, що найефективнішими виявились матеріали нанооброблені іоно-плазмовою технологією, фракції 1-3мм. Така залежність ймовірно існує через більшу площу поверхні фільтрувального матеріалу і відповідно більшу кількість наночастинок на ній, які разом забезпечують найкраще видалення забруднень із води.

Порівняння ефективності очищення наноматеріалами для видалення забруднень із води наведено у табл. 3.4.1.

Таблиця 3.4.1 – Катіонно-аніонний склад підготовленої води після фільтрування нанообробленими іоно-плазмовою технологією матеріалами (фракція 1-3 мм)

Назва показника	Масова концентрація, мг/дм ³					
	кальцію	магнію	хлоридів	сульфатів	нітритів	силікатів
Нормативне значення СОУ 15.9-37-237:2005	не більше 0,1	не більше 0,1	не більше 60	не більше 60	не більше 2	не більше 5
Вихідна зм'якшена вода	0,95± 0,1	0,95± 0,1	15±1,5	12±2,4	0,2± 0,04	4,5± 0,9
Вода після фільтрування:						
- морденітом нанообробленим іоно-плазмовою технологією фракція 1-3 мм	0,5± 0,05	0,5± 0,05	10±1	8±1,6	0,1± 0,02	4,2± 0,84

Закінчення таблиці 3.4.1

1	2	3	4	5	6	7
- обсидіаном нанообробленим іоно-плазмовою технологією фракція 1-3 мм	0,85± 0,09	0,75± 0,08	12±1,2	10±2	0,12± 0,02	4±0,8
- опалом нанообробленим іоно-плазмовою технологією фракція 1-3 мм	0,75± 0,08	0,65± 0,07	12±1,2	9±1,8	0,1± 0,02	4±0,8

Встановлено, що:

- вміст кальцію у воді зменшується у 1,9 разів при фільтруванні морденітом, що краще у 1,7 разів, аніж після фільтрування обсидіаном і у 1,5 рази ніж фільтрування опалом;
- вміст магнію у воді зменшується у 1,9 разів за фільтрування морденітом, що краще у 1,5 рази ніж фільтрування обсидіаном, та у 1,3 краще ніж фільтрування опалом;
- вміст хлоридів у воді зменшується у 1,5 рази, що на 20% краще, аніж фільтрування опалом і обсидіаном;
- вміст сульфатів у воді зменшується у 1,5 рази при фільтруванні морденітом, що на 25% краще, аніж після фільтрування обсидіаном, та на 12,5% краще, аніж фільтрування опалом;
- вміст нітритів у воді зменшується у 2 рази при фільтруванні води морденітом, а також опалом, що на 20% краще, аніж за використання обсидіану;
- вміст силікатів у воді зменшується на 12,5% при фільтруванні води обсидіаном і опалом, що на 5% краще, аніж за використання морденіту.

Вплив наномодифікованих матеріалів (фракція 1-3 мм) на показник перманганатної окиснюваності під час очищення наведено на рис. 3.4.1.

З даних, поданих на діаграмі, встановлено, що перманганатна окиснюваність води знизилась при використанні морденіту нанобробленого у 2 рази у порівнянні із вихідною водою, що краще, ніж при використанні опалу нанобробленого на 35%, та на 20% краще за показник перманганатної окиснюваності після фільтрування обсидіаном нанобробленим.

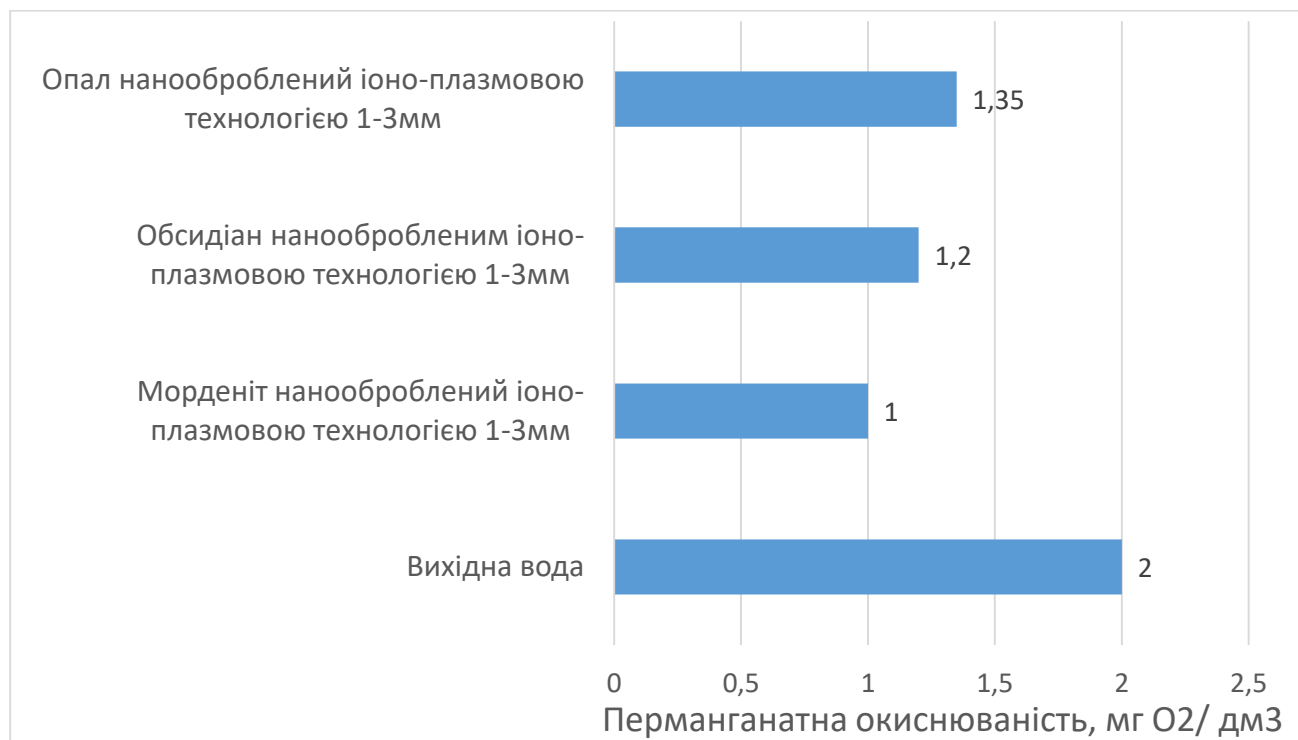


Рис 3.4.1 – Перманганатна окиснюваність води до та після фільтрування нанобробленими матеріалами (фракція 1-3 мм)

Вплив наномодифікованих матеріалів (фракція 1-3 мм) на окисно-відновний потенціал води наведено на рис. 3.4.2.

Опал наноброблений дозволяє зменшити окисно-відновний потенціал води у 2 рази, що на 8% краще, ніж при використанні обсидіану нанобробленого, та на 12% краще, ніж при використанні наномодифікованого морденіту.

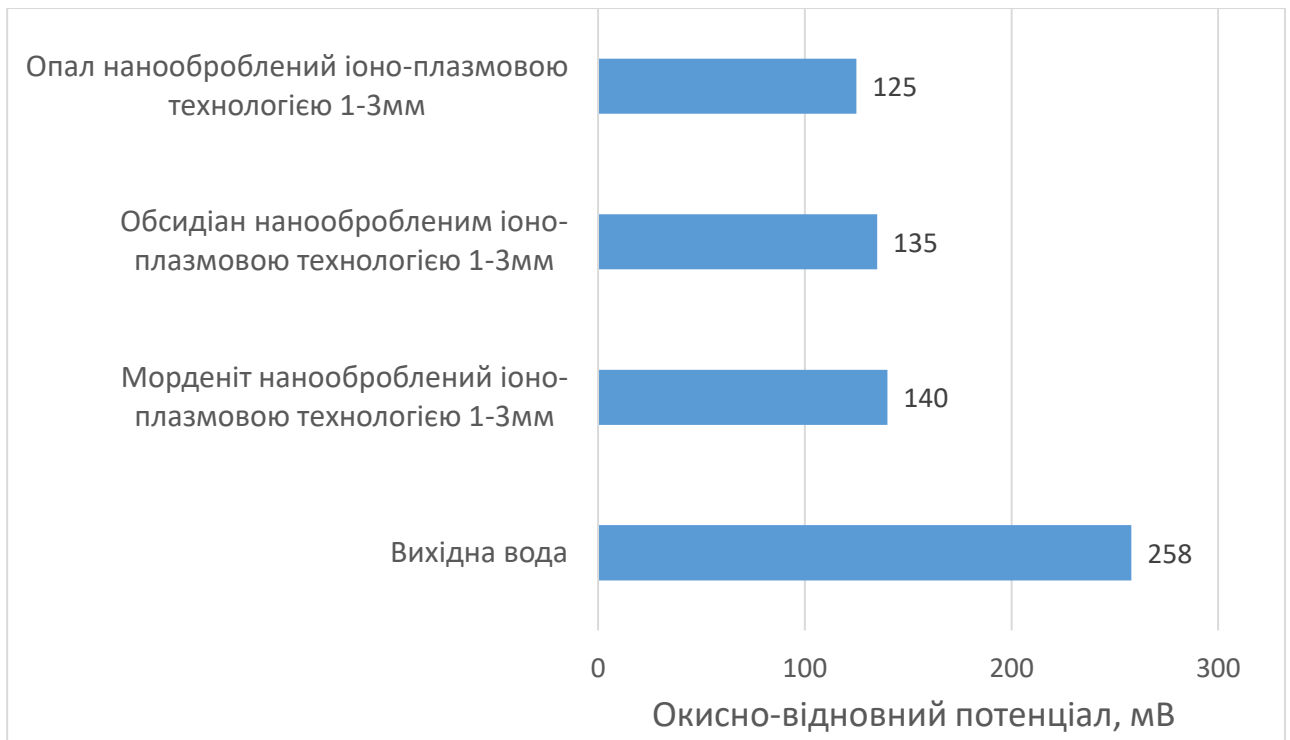


Рис 3.4.2 – Окисно-відновний потенціал води до та після фільтрування різними наномодифікованими матеріалами (фракція 1-3 мм)

Вплив використання наномодифікованих матеріалів на вміст марганцю і заліза у воді після її фільтрування наведено на рис. 3.4.3.

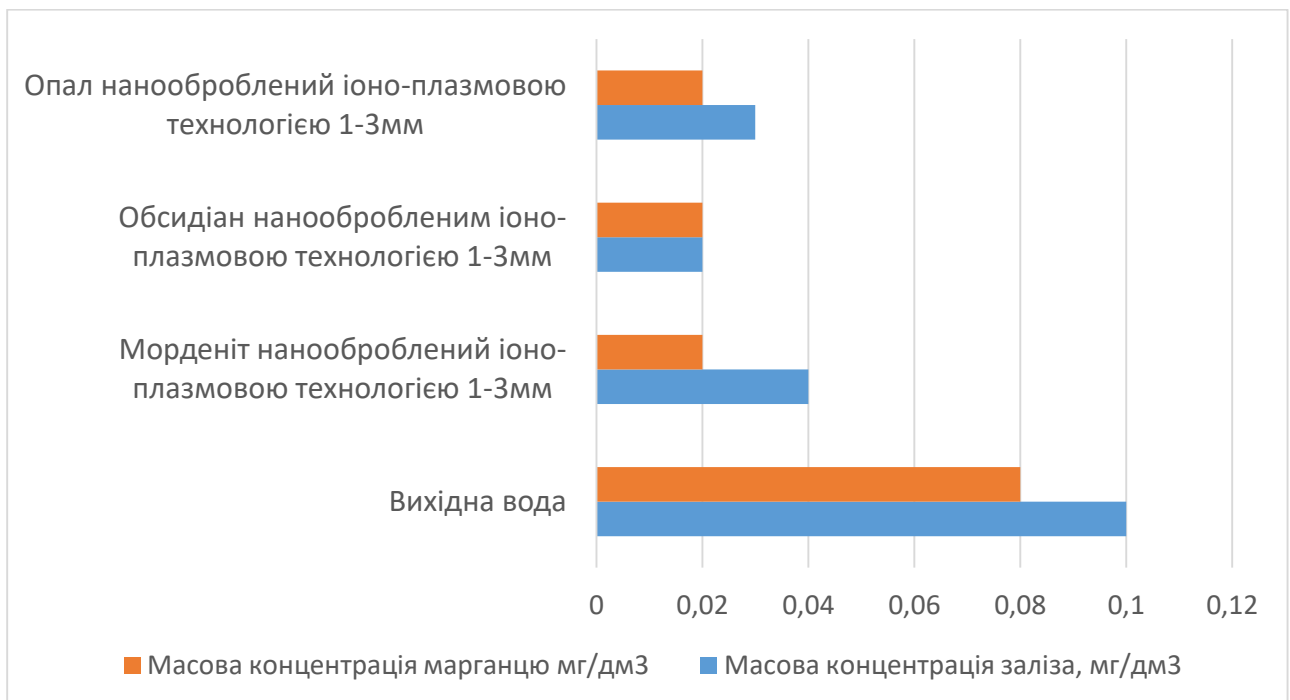


Рис. 3.4.3 – Масова концентрація марганцю та заліза у воді до та після фільтрування наномодифікованими матеріалами (фракція 1-3мм)

У видаленні марганцю усі три матеріали показали себе однаково, використання морденіту, опалу та обсидіану нанооброблених іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм) дозволяє зменшити вміст марганцю у 4 рази у порівнянні з вихідною водою.

За використання обсидіану нанообробленого вміст заліза у воді після обробки зменшився у 5 разів, що у 2 рази краще, ніж при використанні морденіту нанообробленого і у 1,5 рази краще, ніж при використанні опалу нанообробленого.

Вплив нанооброблених фільтрувальних матеріалів на вміст нітратів у воді наведено на рис. 3.4.4.

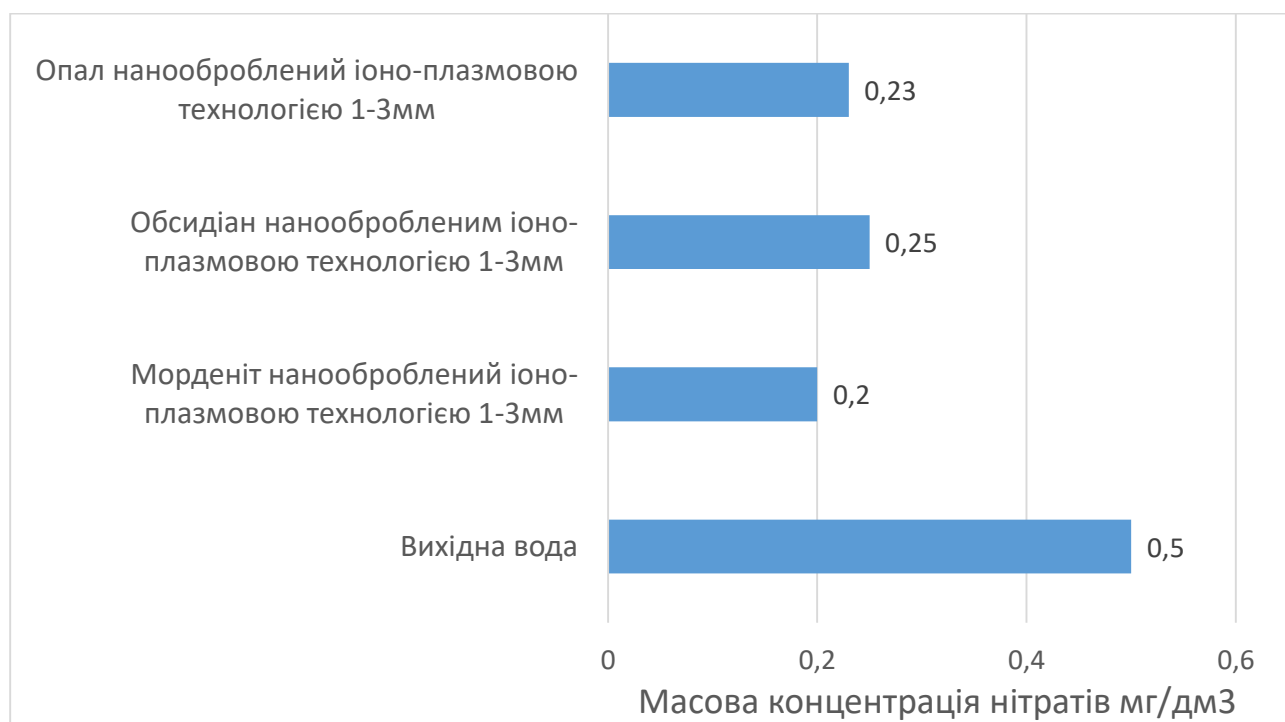


Рис 3.4.4 – Масова концентрація нітратів у воді до та після фільтрування наномодифікованими матеріалами (фракція 1-3 мм)

Визначено, що при використанні морденіту нанообробленого, вміст нітратів у воді після обробки зменшився у 2,5 разів у порівнянні з вихідною водою, що на 25% краще, ніж при використанні обсидіану нанообробленого, та на 15% краще, ніж при використанні опалу нанообробленого.

Висновки:

Проведено експериментальні дослідження використання різних нанооброблених ФМ у кондиціонуванні води для виробництва горілок.

За отриманими результатами було порівняно вплив використання різних ФМ на показники якості води. З'ясовано залежність показників води від використовуваного у її фільтруванні матеріалу природного та наномодифікованого за різного фракційного складу та способу обробки матеріалу.

Порівнюючи запропоновані ФМ варто відзначити, що кожен матеріал непогано показує свої очисні властивості у фільтруванні води.

За результатами досліджень води, фільтрованої через аналізовані нанооброблені матеріали можна зробити висновок що на ефективність очистки впливає не тільки спосіб обробки наномодифікованих матеріалів, але і фракційний склад, оскільки наномодифіковані матеріали з фракційним складом 1-3 мм більш ефективно очищують воду, аніж наномодифіковані матеріали фракції 3,1-5 мм.

Встановлено, що морденіт наномодифікований іоно-плазмовою технологією з фракцією 1-3 мм є найбільш ефективним, адже за його використання можливе більш глибоке очищення води від забруднень та отримання відповідних значень показників за нормативними вимогами на підготовлену воду.

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для встановлення оптимальних параметрів процесу фільтрування води необхідно розробити математичну модель процесу, за допомогою повного факторного експерименту.

I. Факторний аналіз

1. Постановка задачі – вибір об'єкта

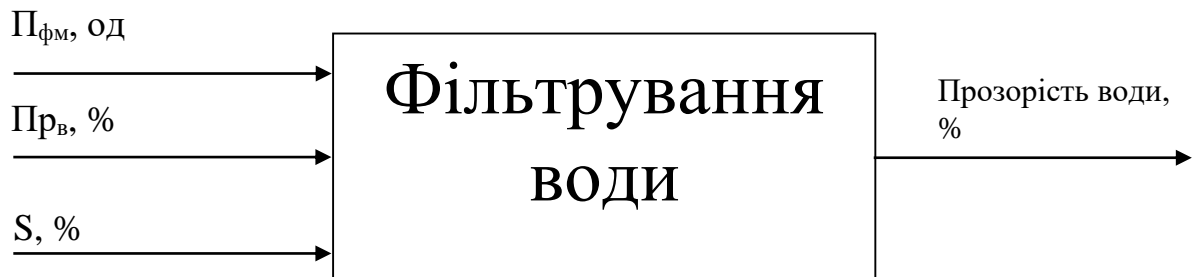


Рис. 4.1 – Загальна схема математико-статистичної моделі

Математична модель має вигляд рівняння регресії, для оцінки якого застосовували наступні критерії:

- критерій Кохрена;
- критерій Стьюдента;
- критерій Фішера.

Вибір змінної стану. В якості змінної стану вибрано прозорість води.

Вибір факторів (параметрів). На процес фільтрування води впливають наступні показники:

вхідні:

- $P_{рв}$ – прозорість вихідної води, %;
- $P_{фм}$ – пористість фільтрувального матеріалу, од;
- S – механічна міцність фільтрувального матеріалу, %.

вихідні:

- $P_{рк}$ – Прозорість води після фільтрування, %.

Попередній експеримент. Було проведено декілька дослідів трьохфакторного експерименту.

$$\text{Пр}_k = f(\text{Пр}_v, \text{П}_{\text{фм.}}, S) \quad (4.1)$$

$$\text{Пр}_v = 94-98\%$$

$$\text{П}_{\text{фм.}} = 55 - 65 \text{ од.}$$

$$S = 96-98\%$$

Складання математичної моделі

Вибираємо вид поліноміальної функції:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3), \quad (4.2)$$

де Y – прозорість води після фільтрування; X_1 – прозорість вихідної води; X_2 – пористість фільтрувального матеріалу, од.; X_3 – механічна міцність фільтрувального матеріалу.

Постановка задачі оптимізації. Знайти оптимальну прозорість обробленої води. Математично це можна виразити у вигляді отримання математичної моделі:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (4.3)$$

де Y – прозорість води після фільтрування; X_1 – прозорість вихідної води; X_2 – пористість фільтрувального матеріалу, од.; X_3 – механічна міцність фільтрувального матеріалу; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ – коефіцієнти рівняння математичної моделі.

Вибір нульових рівнів. Пропонується центр плану помістити в точку з координатами:

$$X_1 = 96;$$

$$X_2 = 60;$$

$$X_3 = 97.$$

Вибір інтервалів варіювання факторів. Для реалізації цього етапу планування експерименту у факторному просторі вибирається область

проведення експерименту з наступними інтервалами варіювання відносно нульових рівнів:

$$\Delta X_1 = 2; \Delta X_2 = 5; \Delta X_3 = 1.$$

Методом планування вибрано повний факторний експеримент (ПФЕ), виду $n = 2^3 = 8$.

Проводились паралельні досліді (y_1, y_2, y_3)

Складаємо матрицю рівнів варіювання (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Матриця рівнів варіювання

Найменування рівнів варіювання	Позначення	прозорість вихідної води, %;	пористість фільтрувального матеріалу, од	механічна міцність фільтрувального матеріалу, %
		Пр _в	П _{фм}	S
Верхній	+	98	65	98
Середній	0	96	60	97
Нижній	-	94	55	96
Крок	Δ	2	5	1

Нормалізуємо рівняння (4.3), яке буде мати вигляд:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (4.4)$$

Складаємо матрицю плану (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Матриця планування

№ N=8	x ₀	Фактори							Вихідна функція				S _u ²
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	x ₁ x ₂ x ₃	y _{u1}	y _{u2}	y _{u3}	y _u	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	98,75	98,25	98,5	98,5	0,0625
2	+	+	+	-	+	-	-	-	98,5	99,25	99,25	99	0,1875
3	+	+	-	+	-	+	-	-	99,45	99,1	99,2	99,25	0,0325
4	+	+	-	-	-	-	+	+	98,3	99,1	98,85	98,75	0,1675
5	+	-	+	+	-	-	+	-	99,2	99,7	99,6	99,5	0,07
6	+	-	+	-	-	+	-	+	98,85	99,25	99,5	99,2	0,1075
7	+	-	-	+	+	-	-	+	99	98,6	98,65	98,75	0,0475
8	+	-	-	-	+	+	+	-	99,4	98,9	98,7	99	0,13

Здійснюємо експеримент у відповідності з матрицею плану.

Дисперсія вибіркова – дисперсія, обчислена за даними вибірки.

Перевіряємо однорідність дисперсій:

а) розраховуємо дисперсію паралельних дослідів для кожного рядка матриці плану, за рівнянням:

$$S_{\text{одн}_i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m=2} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad (4.5)$$

де m – кількість паралельних дослідів, $m=3$;

i – поточний номер паралельного досліду, $i = 1 \dots m$

y_i – експериментальні значення вихідного параметру за результатами i -го паралельного досліду;

\bar{y}_i – середнє значення вихідного параметру за результатами паралельних дослідів.

$$S_{\text{одн}_1}^2 = \frac{(98,75 - 98,5)^2 + (98,25 - 98,5)^2 + (98,5 - 98,5)^2}{3 - 1} = 0,063$$

$$S_{\text{одн}_2}^2 = \frac{(98,5 - 99)^2 + (99,25 - 99)^2 + (99,25 - 99)^2}{3 - 1} = 0,188$$

$$S_{\text{одн}_3}^2 = \frac{(99,45 - 99,25)^2 + (99,1 - 99,25)^2 + (99,2 - 99,25)^2}{3 - 1} = 0,033$$

$$S_{\text{одн}_4}^2 = \frac{(98,3 - 98,75)^2 + (99,1 - 27)^2 + (98,85 - 27)^2}{3 - 1} = 0,167$$

$$S_{\text{одн}_5}^2 = \frac{(99,2 - 99,5)^2 + (99,7 - 99,5)^2 + (99,6 - 99,5)^2}{3 - 1} = 0,07$$

$$S_{\text{одн}_6}^2 = \frac{(98,85 - 99,2)^2 + (99,25 - 99,2)^2 + (99,5 - 99,2)^2}{3 - 1} = 0,108$$

$$S_{\text{одн}_7}^2 = \frac{(99 - 20)^2 + (98,6 - 98,75)^2 + (98,65 - 98,75)^2}{3 - 1} = 0,048$$

$$S_{\text{одн}_8}^2 = \frac{(99,4 - 99)^2 + (98,9 - 99)^2 + (98,7 - 99)^2}{3 - 1} = 0,13$$

Визначаємо найбільше значення $S_{\text{одн},\text{max}}^2$ з усіх розрахованих:

$$S_{\text{одн},\text{max}}^2 = S_{\text{одн}_6}^2 = 0,188$$

Розраховуємо суму розрахованих дисперсій:

$$\sum_{i=1}^N S^2_{одн.i} = 0,805$$

Розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S^2_{одн. max}}{\sum_{i=1}^N S^2_{одн.i}} \quad (4.6)$$

де $S^2_{одн. max}$ - найбільша рядкова дисперсія (в рядках плану дослідів);

$$G_p = \frac{0,188}{0,805} = 0,233$$

д) вибираємо табличне значення критерія Кохрена G_m для значень ступенів вільності $f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ та $f_2 = N = 8$ та для рівня значущості $\alpha = 0,05$.

$$G_m = f_1, f_2 = 0,516;$$

е) перевіряємо виконання умови:

$$G_p < G_m, \text{ а саме: } G_p = 0,233 < G_m = 0,516.$$

є) робимо висновок, що дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідів є однорідними, тобто отримані експериментальні дані є відтворюваними.

Дисперсія відтворюваності – дисперсія, що характеризує відтворюваність експерименту; обчислюється як середнє арифметичне вибірових дисперсій результатів паралельних (дублюючих) дослідів, якщо зазначені дисперсії однорідні.

Розраховуємо загальну похибку дослідів (всього експерименту), а саме,

середнє арифметичне значення дисперсій $S^2_{від}$ в $N = 8$ точках факторного простору:

$$S^2_{від} = \frac{\sum_{i=1}^N S^2_{одн.i}}{N} \quad (4.7)$$

$$S^2_{від} = \frac{0,805}{8} = 0,1006$$

Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії

$$B_i = \frac{\sum_{i=1}^N z_{xi} \cdot \tilde{y}_i}{N} \quad (4.8)$$

$$B_0 = \frac{98,5 + 99 + 99,25 + 98,75 + 99,5 + 99,2 + 98,75 + 99}{8} = 98,99$$

$$B_1 = \frac{98,5 + 99 + 99,25 + 98,75 - 99,5 - 99,2 - 98,75 - 99}{8} = -0,119$$

$$B_2 = \frac{98,5 + 99 - 99,25 - 98,75 + 99,5 + 99,2 - 98,75 - 99}{8} = 0,056$$

$$B_3 = \frac{98,5 - 99 + 99,25 - 98,75 + 99,5 - 99,2 + 98,75 - 99}{8} = 0,006$$

$$B_{12} = \frac{98,5 + 99 - 99,25 - 98,75 - 99,5 - 99,2 + 98,75 + 99}{8} = -0,181$$

$$B_{13} = \frac{98,5 - 99 + 99,25 - 98,75 - 99,5 + 99,2 - 98,75 + 99}{8} = -0,006$$

$$B_{23} = \frac{98,5 - 99 - 99,25 + 98,75 + 99,5 - 99,2 - 98,75 + 99}{8} = -0,056$$

$$B_{123} = \frac{98,5 - 99 - 99,25 + 98,75 - 99,5 + 99,2 + 98,75 - 99}{8} = -0,194$$

Перевіряємо значущість коефіцієнтів регресії, що характеризують лінійні ефекти та ефекти парної взаємодії:

а) визначимо дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S_{b,i}^2 = \frac{S_{\text{від}}^2}{N \cdot m} = \frac{0,1006}{8 \cdot 3} = 0,004191 \quad (4.9)$$

де N – кількість дослідів за планом; m - кількість паралельних дослідів; i – поточний номер коефіцієнта.

б) визначимо відхилення будь-якого коефіцієнта:

$$\begin{aligned} \Delta S_{b,i} &= \pm S_{b,i} \cdot t_T = t_T \cdot \sqrt{S_{b,i}^2} = \pm 2,12 \cdot \sqrt{0,004191} \\ &= \pm 0,1372 \end{aligned}$$

де $S_{b,i} = \sqrt{S_{b,i}^2}$, t_T – табличне значення критерія Стюдента для ступенів свободи $f_l = N \cdot (m-1) = 8 \cdot (3-1) = 16$ та рівня значущості $\alpha = 5\%$, маємо $t_T = 2,12$.

в) розраховуємо значення критерія Стюдента для коефіцієнту регресії, $t_{b,i}$:

$$S_k = \sqrt{S_k^2} \quad (4.10)$$

$$S_k = \sqrt{0,004191} = 0,0647$$

$$t_{b_0} = \frac{|98,99|}{0,0647} = 1530$$

$$t_{b_1} = \frac{|-0,119|}{0,0647} = 1,835$$

$$t_{b_2} = \frac{|0,056|}{0,0647} = 0,869$$

$$t_{b_3} = \frac{|0,006|}{0,0647} = 0,097$$

$$t_{b_{12}} = \frac{|-0,181|}{0,0647} = 2,801$$

$$t_{b_{13}} = \frac{|-0,006|}{0,0647} = 0,097$$

$$t_{b_{23}} = \frac{|-0,056|}{0,0647} = 0,869$$

$$t_{b_{123}} = \frac{|-0,194|}{0,0647} = 2,995$$

Перевіряємо умову значущості кожного з коефіцієнтів регресії, а саме $t_{bk} > t_r$, якщо ця умова не виконується – то коефіцієнт є незначущим і ним можна знехтувати.

В нашому випадку значущими можна вважати коефіцієнти регресії b_0, b_{12}, b_{123} , тобто коефіцієнти при x_0, x_{12}, x_{123} .

Записуємо в остаточному вигляді отримане рівняння регресії:

$$\hat{Y} = 98,99 + (-0,181) \cdot X_{12} + (-0,194) \cdot X_{123}$$

Перевірка рівняння регресії на адекватність

Адекватність рівняння регресії – відповідність рівняння регресії дослідним даним. Зазвичай, відповідність оцінюють у межах помилки відтворюваності.

Перевіряємо адекватність отриманого рівняння регресії на адекватність дійсному процесу:

а) розраховуємо залишкову дисперсію:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} \quad (4.11)$$

$$S_{ад}^2 = S_{зал}^2 = \frac{m}{f_1} \sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - \hat{Y}_i)^2, \quad (4.12)$$

де f_1 – число ступенів вільності:

$$f_1 = (N \cdot m - l) = (N \cdot m - (n+1)) = (8 \cdot 3 - (6+1)) = 24 - 7 = 17$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 + (-0,181) + (-0,194) = 98,62$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 + (-0,181) - (-0,194) = 99,01$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 - (-0,181) - (-0,194) = 99,37$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 - (-0,181) + (-0,194) = 98,98$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 - (-0,181) - (-0,194) = 99,37$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 - (-0,181) + (-0,194) = 98,98$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 + (-0,181) + (-0,194) = 98,62$$

$$\hat{Y}_1 = 98,99 + (-0,181) - (-0,194) = 99,01$$

$$S_{ад}^2 = \frac{3}{17} \cdot$$

$$\left(\begin{array}{l} (98,62 - 98,5)^2 + (99,01 - 99)^2 + (99,37 - 99,25)^2 + \\ (98,98 - 98,75)^2 + \\ (99,37 - 99,5)^2 + (98,98 - 99,2)^2 + (98,62 - 98,75)^2 + (99,01 - 99)^2 \end{array} \right) = 0,0289$$

Розрахунковий критерій Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} = \frac{0,0289}{0,1006} = 0,287$$

За таблицями, для степенів свободи $f_1 = N \cdot m - l = (8 \cdot 3 - (6 + 1)) = 17$ для чисельника та $f_2 = N \cdot (m - l) = 8 \cdot (3-1) = 17$ для знаменника, та для рівня значущості $\alpha = 0,05$, вибираємо значення критерія Фішера.

Якщо $F_p < F_T$ то рівняння адекватне.

Табличне значення критерію Фішера $F_T = 2,3$.

$F_p < F_T$ $F_n < F_T$, тому рівняння регресії вважається адекватним.

Перейдемо від безрозмірних (кодованих) значень факторів до їх натуральних значень:

$$X_1 = \frac{\text{Пр}_b - 96}{2}$$

$$X_2 = \frac{\text{П}_{\text{фм}} - 60}{5}$$

$$X_3 = \frac{S - 97}{1}$$

Отримана математична модель:

$$\text{Пр}_k = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{\text{Пр}_b - 96}{2}\right) \cdot \left(\frac{\text{П}_{\text{фм}} - 60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{\text{Пр}_b - 96}{2}\right) \cdot \left(\frac{\text{П}_{\text{фм}} - 60}{5}\right) \cdot \left(\frac{S - 97}{1}\right)$$

Тепер, підставляємо в отриману математичну модель значення заданих вхідних параметрів та отримуємо математичні розрахунки прозорості води, %:

$$\text{Пр}_{k1} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{98-97}{1}\right) = 98,615$$

$$\text{Пр}_{k2} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{96-97}{1}\right) = 99,003$$

$$\text{Пр}_{k3} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{98-97}{1}\right) = 99,365$$

$$\text{Пр}_{k4} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{98-97}{1}\right) = 99,365$$

$$\text{Пр}_{k5} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{98-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{96-97}{1}\right) = 98,977$$

$$\text{Пр}_{k6} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{65-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{96-97}{1}\right) = 98,98$$

$$\text{Пр}_{k7} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{98-97}{1}\right) = 98,62$$

$$\text{Пр}_{k8} = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{94-96}{2}\right) \cdot \left(\frac{55-60}{5}\right) \cdot \left(\frac{96-97}{1}\right) = 99,003$$

Похибка окремо взятого дослідю становить:

$$\Delta_1 = \frac{|98,615 - 98,5|}{98,5} = 0,0011 \%$$

$$\Delta_2 = \frac{|99,003 - 99|}{99} = 0,00003 \%$$

$$\Delta_3 = \frac{|99,365 - 99,25|}{99,25} = 0,0011 \%$$

$$\Delta_4 = \frac{|99,365 - 98,75|}{98,75} = 0,0062 \%;$$

$$\Delta_5 = \frac{|98,977 - 99,5|}{99,5} = 0,0052 \%;$$

$$\Delta_6 = \frac{|98,98 - 99,2|}{99,2} = 0,0022 \%;$$

$$\Delta_7 = \frac{|98,62 - 98,75|}{98,75} = 0,0013 \%;$$

$$\Delta_8 = \frac{|99,003 - 99|}{99} = 0,00003 \%.$$

Середня похибка експерименту:

$$\Delta_{\text{сер}} = 0,002 \%$$

Висновок:

У процесі розрахунків отримано математичну модель:

$$\text{Пр}_k = 98,99 + (-0,181) \cdot \left(\frac{\text{Пр}_a - 96}{2}\right) \cdot \left(\frac{\text{Пр}_m - 60}{5}\right) + (-0,194) \cdot \left(\frac{\text{Пр}_a - 96}{2}\right) \cdot \left(\frac{\text{Пр}_m - 60}{5}\right) \cdot \left(\frac{S - 97}{1}\right)$$

Ця математична модель процесу фільтрування води має похибку 0,002 % при тому, що максимальна межа похибки для математичних моделей, що описують процеси в галузі харчової промисловості не має перевищувати 5 %. Тому дана математична модель може бути застосована для пошуку умов отримання найбільшої прозорості води при фільтруванні.

5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Удосконалення технології водопідготовки для лікєро-горілкового виробництва відбувається з використанням наномодифікованих природних фільтрувальних матеріалів, це дозволить отримати високоякісний кінцевий продукт. Можливість використання нанооброблених природних фільтрувальних матеріалів у технології водопідготовки була обґрунтована науково у ході досліджень, згідно з отриманими результатами, вода після фільтрування на завантаженнях даних матеріалів відповідає вимогам СОУ 15.9-37-237:2005.

Щоб визначити економічну ефективність потрібно розрахувати вартість використання впроваджених матеріалів і порівняти із вихідними широко-використовуваними матеріалами.

У табл. 5.1 наведено витрати допоміжних матеріалів для приготування горілки та їх вартість.

Таблиця 5.1 – Витрати допоміжних матеріалів на приготування
1000 дал горілки

Назва витратного матеріалу	Ціна матеріалу	За традиційною технологією		За удосконаленою технологією	
		середньорічна витрата	загальні вартість, грн	витрати матеріалу, кг	загальні вартість, грн.
Кварцевий пісок	10 грн./кг	8,5 кг	85	-	-
Морденіт наномодифікований іоно-плазмовою технологією (фракція 1-3 мм)	9 грн./кг	-	-	8,0	72
Кислота соляна	80 грн./дм ³	4,0 дм ³	240	-	-

Закінчення таблиці 5.1

Вода питна на підготовку матеріалу	15,5 грн/м ³	0,4 м ³	6,2	0,4 м ³	6,2
Вода питна на промивку фільтра	15,5 грн/м ³	0,4 м ³	6,2	0,2 м ³	3,1
Всього			337,4		81,2

За традиційною технологією (при використанні кварцового піску) на виробництво 1000 дал горілки витрата становить - **337,4 грн.**, при використанні морденіту наномодифікованого - **81,2 грн.**

Таким чином використання найбільш ефективного наномодифікованого матеріалу під час кондиціювання води дає змогу зменшити витрати в середньому на **256 грн на 1000 дал горілки**, в основному за рахунок відсутності потреби у кислоті соляній, яку використовують на початковому етапі підготування.

Соціальна ефективність полягає у покращенні якості води підготованої для виробництва, а отже і готової продукції. Окрім цього використання наномодифікованих фільтрувальних матеріалів дозволяє зменшити кількість реагентів і води для їх підготовки до роботи та регенерації, а отже і скорочується шкідливий вплив на навколишнє середовище.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Законодавство про охорону праці складається з Закону України "Про охорону праці" від 21.11.2002 № 229-IV [31], Кодексу законів про працю України та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів - стандартів, норм, правил, положень, інструкцій, статутів та інших документів, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Діяльність, що передбачає роботу з хімічними речовинами і їх виготовленням, має затверджуватися певними правилами і вимогами щодо безпеки під час виконання досліджень в хімічних лабораторіях.

Інструкція з охорони праці для хімічної лабораторії поширюється на всіх працівників лабораторії. За невиконання даної інструкції працівник лабораторії несе дисциплінарну, матеріальну та адміністративну відповідальність.

В хімічній лабораторії дозволяється працювати тільки при наявності справної приточно-витяжної вентиляції, обладнаних витяжних шаф, спецодягу, засобів індивідуального захисту, засобів пожежогасіння і аптечки першої допомоги.

Працівник лабораторії повинен: знати властивості матеріалів і речовин з якими працює та їх дію на організм людини; виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку; користуватися спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту; не захаращувати своє робоче місце; не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце; не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці; виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником та по якій проінструктований.

Усі матеріали і речовини повинні зберігатися відповідно до "Інструкції про заходи пожежної безпеки".

Вимоги безпеки під час роботи

Всі операції, пов'язані із застосуванням або можливим утворенням і виділенням отруйних, їдких, вибухонебезпечних речовин або речовин, які

володіють запахом, виконувати тільки у витяжній шафі при працюючій загальнообмінній вентиляції зі застосуванням засобів індивідуального захисту.

Під час роботи працівник лабораторії повинен:

- не залишати нагрівальні прилади без нагляду;
- не зберігати будь-які речовини невідомого походження без напису й етикеток;
- зливати відпрацьовані горючі рідини (ГР), відходи кислот і луги тільки в спеціальну тару;
- для змішування або розбавлення речовин, що супроводжуються виділенням теплоти, а також для нагрівання хімічних речовин слід використовувати фарфоровий або тонкостінний скляний посуд.

Правила роботи з скляним посудом

Скляний хімічний посуд і скляні прилади є достатньо ламкими і неміцними, тому при роботі з ними варто дотримуватися певних правил безпеки. Зі скляним обладнанням і посудом потрібно обережно поводитись, не стискати сильно в долонях, так як можна розбити і отримати травми.

З метою запобігання травматичних пошкоджень при використанні скляних приладів і посуду слід дотримуватись наступних правил:

- оплавляти кінці скляних трубок;
- при митті скляного посуду потрібно обережно користуватись йоржами або скляною паличкою, на кінці яких потрібно натягти шматочок гумової трубки, щоб запобігти пробиванню дна або стінки посуду;
- при розбитті посуду, потрібно негайно прибрати з робочої поверхні склобій, при цьому захистивши руки рукавицями або рушником, щоб уникнути порізів.

Вимоги безпеки при роботі з легкозаймистими та горючими рідинами (ЛЗР і ГР).

Роботи з ЛЗР та ГР повинні виконуватись тільки у витяжній шафі, пристосованій для цієї роботи, у невеликих кількостях, при працюючій загальнообмінній вентиляції, вимкнених електроприладах.

Леткі речовини і розчинники (спирт, бензин, етиловий ефір, толуол та інші) є горючими і дуже небезпечними.

Пари деяких з них легкозаймисті, а при певній їх концентрації в повітрі суміш може вибухнути. Саме тому не дозволяється використовувати пальники з відкритим полум'ям при нагріванні летких розчинників.

Також вибух або самозаймання може виникнути у разі змішування деяких речовин. Наприклад, міцна азотна кислота може спровокувати займання, якщо попаде на органічні речовини (ганчірки, стружки, папір).

Для гасіння летких речовин не можна використовувати воду, тому що це спричинить ще більше розповсюдження вогню.

Для усунення пожежі потрібно накрити палаючу поверхню щільною тканиною, вологою ганчіркою або засипати піском. Якщо полум'я швидко розповсюджується по всій площі приміщення, треба користуватись вогнегасником (порошковим або густопінним), збиваючи полум'я зі сторони не пошкодженої ним ділянки.

Зберігатися лейкозаймисті рідини повинні у виділених спеціальних приміщеннях, які знаходяться за будинком лабораторії і обладнані витяжками.

В лабораторіях дозволяється мати ЛГР тільки в такому об'ємі, що не перевищує добовий запас. Зберігаються ці рідини в товстостінних склянках (з товщиною стінок не менше 2 мм) з притертими пробками, які розміщують в спеціальних металевих шафах, дно і стінки яких вимощені азбестом.

Нагрівання ЛЗР можна виконувати тільки у приладах, що забезпечують повну конденсацію пари, що утвориться.

Вимоги безпеки при роботі з їдкими та отруйними речовинами.

Луги, кислоти та інші їдкі й отруйні речовини необхідно набирати у піпетку тільки за допомогою гумової груші, неприпустимо засмоктувати їдкі і отруйні рідини у піпетку ротом.

Усі роботи з кислотами, лугами та іншими їдкими й отруйними речовинами необхідно виконувати у гумових рукавичках, фартуху та захисних окулярах.

Для приготування розчинів кислот, кислоти необхідно приливати у воду тонкою цівкою при безперервному перемішуванні, а не навпаки.

Вимоги безпеки під час роботи у витяжній шафі.

Перед початком роботи необхідно перевірити наявність тяги. Зачинити всі відділення витяжної шафи створами, крім тієї, де буде вестись робота, опустити створу нижче рівня обличчя, але не нижче 0,4 м.

В лабораторії загальний запас ЛЗР, що водночас зберігається, не повинен перевищувати добової потреби. Сумісне зберігання реактивів здійснювати тільки відповідно до правил пожежної безпеки. Усі роботи, пов'язані з можливістю виділення вибухонебезпечних пари і газів, повинні проводитись у витяжних шафах і при працюючій припливно-витяжній вентиляції.

В лабораторії не допускається обробка підлог і столів гасом, бензином та іншими органічними розчинниками. Для цієї мети повинні використовуватись пожежобезпечні синтетичні миючі засоби.

При виявленні під час роботи несправностей на робочому місці, в обладнанні, необхідно зупинити роботу, вимкнути обладнання, прилади. Повідомити про це керівника робіт та без його вказівки роботу не відновлювати.

Інструкція про заходи пожежної безпеки поширюється на службові приміщення і визначає вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки у цих приміщеннях

Протипожежні правила безпеки включають в себе такі пункти:

- лабораторія повинна бути обладнана необхідними засобами тушіння пожежі: вогнегасниками, ящиком з піском, лопатою, совком, шматком войлоку або кошми;

- заборонено залишати електронагрівальні прилади і газові пальники без нагляду;

- при пожежі рубильники необхідно виключити, газовий кран перекрити, а полум'я засипати піском;

- при займанні одягу в першу чергу потерпілого накривають кошмою або обливають водою;

- якщо в приміщенні відчувається запах газу, заборонено користуватись нагрівальними приладами і запалювати вогонь;

- при розливі вогнєнебезпечної рідини спочатку треба відключити всі електронагрівальні прилади і пальники, а потім прибрати рідину;

Згідно із санітарними вимогами, для кожного робочого місця нормується:

- Повітря робочої зони: мікроклімат, загазованість, запиленість;

- Шум;

- Вібрація;

- Освітленість;

Мікроклімат – стан повітря у виробничому приміщенні, що нормується згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [11]. Мікрокліматичні умови виробничих приміщень визначаються наступними параметрами: відносна вологість повітря, %; температура, °С; швидкість руху повітря, м/с; теплові випромінювання, Вт/м².

Умови внутрішнього середовища виробничих приміщень впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи.

У табл. 6.1 наведено оптимальні умови мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Загазованість повітря – присутність шкідливих парів і газів у повітрі робочої зони. Загазованість повітря контролюється ГДК – граничнодопустимою концентрацією, яка повинна відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [11].

Загазованість повітря для відділення водопідготовки не нормується, так як відсутнє джерело газовиділення.

Таблиця 6.1 – Оптимальні умови мікроклімату у виробничих приміщеннях

Період року	Категорія роботи за рівнем енерговитрат	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий	Легка І а	22-24	40-60	0,1
	Легка І б	21-23	40-60	0,1
	Середньої важкості ІІ а	19-21	40-60	0,2
Холодний	Середньої важкості ІІ б	17-19	40-60	0,2
	Важка ІІІ	16-18	40-60	0,3

Запиленість повітря – наявність пилу у повітрі робочої зони, тобто подрібнених частинок твердої речовини, які можуть мати різні розміри та форму.

Відповідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [11], підвищена запиленість робочої зони відноситься до небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Для даного відділення запиленість не нормується, тому що відсутнє обладнання, яке виділяє пил.

Шум – це сполучення великої кількості звуків різноманітної сили та частоти. Якщо в складі шуму переважають звуки з частотою коливань до 400 Гц, такий шум називається низькочастотним, якщо переважають звуки з частотою 400 – 1000 Гц – середньочастотним, якщо понад 1000 Гц – високочастотним. Низькочастотний шум інтенсивністю до 100 дБ не викликає відчутної несприятливої дії на орган слуху; для середньочастотного шуму ця норма становить 85 – 90 дБ; для високочастотного – 75 – 85 дБ.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [9]. Гранично допустимий рівень шуму на робочих місцях не перевищує 80 дБА.

Для того, щоб запобігти шуму передбачаються такі заходи:

- звукоізоляція за рахунок огорожуючих конструкцій чи спеціальних пристроїв;
- періодичне ретельне змащування і своєчасну заміну спрацьованих деталей;
- балансування деталей, які рухаються.

Вібрація – механічні коливання твердого тіла. Вібрація виникає при роботі машин, механізмів та їх елементів. Розрізняють загальну і локальну вібрацію. Загальна вібрація передається людині через опорні поверхні. Локальна вібрація яка передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і обладнанням, деталями які обробляються.

Для зниження вібрацій, що передаються на несучу конструкцію, застосовуються пружинні та гумові віброізолятори. Віброізоляція зменшує рівні вібрації, що передаються від джерела на тіло працюючого.

Допустимі рівні віброшвидкості (м/с), що впливають на людину у процесі її трудової діяльності регламентуються згідно ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [10].

Освітленість — освітлення поверхні, що створюється світловим потоком, який падає на поверхню. Освітлення у виробничому приміщенні має відповідати нормам і правилам регламентованими ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [7]. В залежності від джерела світла, виробниче освітлення поділяється на: природне, штучне і суміщене.

У виробничих, адміністративних та допоміжних приміщеннях лікеро-горілчаного заводу застосовується бокове природне та загальне штучне освітлення. На території заводу передбачено штучне охоронне освітлення. Для робочого освітлення у виробничих приміщеннях, для охоронного освітлення застосовуються лампи розжарювання.

На підприємстві передбачено також евакуаційне освітлення в основних проходах та сходових клітинах для евакуації персоналу у надзвичайних ситуаціях. Інтенсивність даного освітлення 2 Лк. Передбачено встановлення біля

кожного пожежного гідранта світильника – покажчика на висоті не менше 2,5 м від нього.

В приміщенні водопідготовки передбачена комбінована система освітлення: загальне – на стелі приміщення і місцеве – біля вимірювальних приладів.

Параметром нормування штучного освітлення є освітленість E в люксах ($1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$). Потрібно забезпечити мінімальне освітлення в 200 лк (розряд робіт V), система освітлення комбінована.

Для забезпечення нормованої величини освітленості передбачаються такі заходи:

- в системі загального освітлення використовується освітлення класу вибухозахисту НОБ-300;
- в приміщенні два ряди світильників,
- відстань між світильниками в ряду – 3 м; використовуються лампи розжарювання.

Для освітлення вибираємо лампу розжарювання РГ-49 потужністю 150 Вт.

Випромінювання

Випромінювання теплове чи радіаційне для даного відділення не нормується, так як нема об'єктів, які могли б виділяти надмірне тепло або радіацію.

Висновок за матеріалами аналізу санітарних умов. Наведені вище дані свідчать про те, санітарні умови праці у відділенні водопідготовки відповідають встановленим нормативам і гарантують безпечні умови роботи робітників відділення.

Електробезпека у відділенні водопідготовки

Щоб забезпечити захист працюючих від дії електричного струму треба застосовувати засоби та способи захисту, які передбачені ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд» [6], «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ), «Правилами техніки безпеки електроустаткування споживачів». Експлуатація електричних установок повинна строго відповідати вимогам «Правил технічної експлуатації

електроустановок споживачів», «Правил по техніці безпеки в спиртовій промисловості», «ПУЕ», «Інструкцій по влаштуванню блискавкозахисту приміщень і споруд».

Відповідно з вище перерахованими правилами та інструкціями проектом передбачаються такі заходи:

- Обнуління всіх не струмоведучих конструкцій.
- Дотримання необхідних відстаней між елементами обладнання.
- Ізоляція всіх електроелементів.
- Блокування, захисне відключення.
- Нормоване освітлення робочих місць.
- Сигналізація про наявність напруги.
- Застосування захисних засобів (рукавиць, килимків).
- Розміщення електричних апаратів з голими струмоведучими частинами в закритих шафах.

Відповідно з ПУЕ заземленню підлягають всі металеві не струмоведучі частини електрообладнання, не під напругою, але такі, що можуть потрапити під напругу внаслідок поломок. Для заземлення використовується нульова жила кабелю, 4-й провід, металеві труби електропроводок, а також створюється штучний контур заземлення із сталі 12×4 мм.

Всі технологічні, сантехнічні, металеві трубопроводи, металеві майданчики та драбини, металеві труби електропроводок повинні бути зв'язані в загальний контур. Внутрішній контур заземлення в декількох місцях приєднується до зовнішнього, що виготовлений з смугової сталі 12×4мм і електродів зі сталі, що вбиваються на глибину 5 м. Опір заземлення пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Для захисту персоналу від ураження струмом блискавки на даху приміщення кладеться блискавкоприймальна сітка, від якої виконуються спуски сталі, і вони приєднуються до осередків зовнішнього заземлення.

Пожежна безпека

Пожежна безпека нормується відповідно до ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення [16]. Відповідно до «Переліку споруд і приміщень підприємств агропромислового комплексу, що підлягають обладнанню автоматичною пожежною сигналізацією, або автоматичними установками пожежегасіння» приміщення водопідготовки підлягає обладнанню пожежною сигналізацією. В якості приймальної станції запроєктовано пожежний концентратор сигнальний, пусковий на 20 променів, який встановлюється на прохідній.

До основних засобів для запобігання вибухів та пожеж відносяться: автоблокування приводів груп машин; засоби зв'язку; вільний доступ до обладнання; датчик рівня заповнення бункерів; герметичність обладнання.

В роботі прийнято теплові автоматичні сигналізації та ручні сигналізатори типу ІПР. Для подачі звукового сигналу про пожежу на зовнішній стіні та всередині приміщення встановлюються сигнальні сирени типу СС-1.

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Протягом останніх років промисловий та науково-технічний розвиток України прогресує, що в свою чергу призводить до збільшення кількості виникнення надзвичайних ситуацій та негативних наслідків від них. На території України значна кількість підприємств, виробничі потужності яких можуть становити загрозу для населення, робітників та для навколишнього середовища. Розвиток науки і техніки зумовлює появу нових технологій та нових продуктів, внаслідок чого можливі нові надзвичайні ситуації. Чим складніший технологічний процес на підприємстві тим гостріше стоїть питання попередження виникнення надзвичайних ситуацій.

В складених умовах функціонування промислового комплексу України, у тому числі і підприємств харчової промисловості значно ускладняється. Це обумовлено її неперервним розвитком, впровадженням нових технологій, а також потребою в нових системах попередження та захисту від надзвичайних ситуацій.

В Україні на сьогоднішній день сформувалася, в цілому, основна нормативно-правова і законодавча база у сфері цивільного захисту.

Цивільний захист - це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Іншими словами цивільним захистом можна назвати систему організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які повинні здійснюватися центральними і місцевими органами виконавчої влади, підпорядкованими їм силами і засобами, з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей.

Основними завданнями цивільного захисту є:

- збирання з подальшим аналізом інформації про надзвичайні ситуації;
- прогнозувати та здійснювати оцінку ймовірних соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій;

- розроблення, впровадження та виконання нормативно-правових актів, дотримання норм і стандартів у сфері цивільного захисту;

- створення і раціональне використання матеріальних ресурсів, які необхідні для запобігання надзвичайним ситуаціям;

- оперативне інформування про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації, своєчасне достовірне інформування про обстановку, яка складається, та заходи, що вживаються для запобігання надзвичайним ситуаціям або подолання їх наслідків;

- організація захисту територій і населення від надзвичайних ситуацій, надання невідкладної допомоги потерпілим, в тому числі психологічної, медичної або іншої;

- проведення термінових робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та організація життєзабезпечення постраждалого населення;

- навчання населення та організація тренувань способами захисту в разі виникнення надзвичайних, несприятливих побутових або нестандартних ситуацій;

- міжнародне співробітництво у сфері цивільного захисту.

Місцеві та центральні органи виконавчої влади та всі підпорядковані їм засоби і сили, підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, добровільні рятувальні формування повинні здійснювати:

- інформування та оповіщення;

- спостереження і лабораторний контроль;

- укриття у захисних спорудах;

- евакуацію;

- інженерний захист;

- медичний захист;

- біологічний та екологічний захисти;

- радіаційний та хімічний.

Цивільного захисту є одним з найпріоритетніших завдань для сучасних підприємств харчової промисловості, які повинні контролювати забезпечення виконання та виконання вищеописаних завдань .

Більша частина заходів має виконуватись під час будівництва підприємства, у процесі капітального і поточного ремонтів або його реконструкції підприємства та під час подальшого функціонування підприємства для того, щоб виконати максимальне забезпечення техногенної та пожежної безпеки.

Для виконання захисту продуктів харчування виконують наступні заходи, а саме: інженерно-технічні, організаційні, та санітарно-профілактичні.

Організаційні заходи для захисту продуктів харчування:

- розміщення виробничих і складських споруд по всій території підприємства під час його будівництва;

- організація роботи лабораторій для контролю з проведенням аналізу продукції та інгредієнтів, оскільки можлива невідповідність якості сировини, наявність шкідливих речовин і т.д.;

- удосконалення обладнання або заміна на більш новітнє;

- забезпечення та організація проведення навчань для працівників (правила використання сировини та обладнання, вимоги до технологічного процесу виробництва);

- забезпечення контролю всього технологічного процесу;

- використання системами захисту попередження виникнення надзвичайних ситуацій.

У разі загрози виникнення або виникнення надзвичайної ситуації терміново здійснюються комплекс розроблених заходів:

- евакуація персоналу підприємства,

- залучення формувань цивільного захисту для проведення заходів на ліквідацію надзвичайної ситуації та мінімізацію її наслідків,

- зустріч та надання допомоги екстреним службам.

Інженерно-технічні заходи цивільного захисту – це комплекс інженерно-технічних рішень, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, забезпечення захисту населення і територій від них та небезпеки, що може виникнути під час воєнних (бойових) дій або внаслідок таких дій, а також створення умов для забезпечення сталого функціонування суб'єктів господарювання і територій в особливий період

Інженерно-технічні заходи включають в себе:

- герметизацію технологічного обладнання, а також всіх трубопроводів;
- герметизацію виробничих і складських приміщень;
- встановлення протипилових фільтрів, кондиціонерів у виробничих приміщеннях;
- встановлення фільтропоглиначів на вентиляційних системах.

Способи реалізації інженерно-технічних заходів багато в чому схожі між собою. Наприклад, герметизація важлива для всіх галузей, тобто герметизація будівель, приміщень та всіх інших елементів виробничого комплексу.

Санітарні та протиепідемічні (профілактичні) заходи – комплекс адміністративних, організаційних, медичних, екологічних, інженерно-технічних, нормативних, ветеринарних та інших заходів, спрямованих на зменшення або усунення шкідливого впливу на людину негативних факторів в середовищі життєдіяльності, запобігання виникненню і поширенню інфекційних хвороб і ліквідацію масових неінфекційних захворювань (отруень).

До *санітарно-профілактичних* заходів можна віднести:

- дотримання санітарних правил харчових підприємств будівель, це ж стосується і допоміжних приміщень та обладнання відповідно до;
- регулярний санітарно-гігієнічний контроль за якістю сировини, готової продукції, води та вододжерел;
- утримання території заводу у чистоті. Транспортні комунікації та майданчики перед складськими та виробничими приміщеннями мають бути заасфальтовані з певним ухилом для можливості збігання промивної та атмосферної вод у бік від будівель;

Відходи виробництв та сміття слід вивозити щоденно, після чого ємності ретельно вичищати та дезінфікувати 20 %-вим розчином вапняного молока або розчином хлорного вапна.

Хімічний і радіаційний контроль є важливою складовою частиною цивільного захисту населення та виробничого персоналу підприємств. Ці контролю включають в себе комплекс організаційних і технічних заходів, які здійснюються для контролю радіоактивного опромінювання особового складу формувань цивільного захисту, виробничого персоналу підприємств, населення, а також визначення ступеня зараженості радіоактивними, небезпечними хімічними речовинами людей, технологічного обладнання, продуктів харчування, сировини, води і інших матеріальних засобів.

За аналізом даних радіаційного і хімічного контролю здійснюється:

- оцінка працездатності особового складу формувань цивільного захисту, виробничого персоналу підприємств і визначення подальшого порядку можливості їх використання;
- уточнення режимів радіаційного захисту людей;
- визначення необхідності і об'єму санітарної обробки людей, спеціальної обробки технологічного обладнання, техніки, інших матеріальних засобів;
- визначення можливості використання сировини, напівфабрикатів, готової продукції в умовах радіаційного і хімічного зараження.

Радіаційний і хімічний контроль організовується службами цивільного захисту підприємства і штабом. Здійснюється Радіаційний і хімічний контроль командирами формувань або силами розвідувальних підрозділів (групами і ланками радіаційної, хімічної розвідки; групами і ланками загальної розвідки; розвідниками радіаційної, хімічної розвідки формувань цивільного захисту).

Хімічний контроль виконується для визначення ступеня зараження технологічного обладнання, сировини, води, напівфабрикатів, техніки, готової продукції, повітря і місцевості небезпечними хімічними речовинами. Ізоляція продуктів харчування і води від зовнішнього середовища є основним способом захисту від зараження. Тому герметизація місць зберігання є необхідною.

Заходи, які використовують, для захисту запасів сировини, напівфабрикатів та готової продукції від зараження їх радіоактивними, сильнодіючими та отруйними речовинами і бактеріальними засобами:

- будівництво виробничих і складських приміщень з повною герметизацією;

- розробка планів підготовки до здійснення простої герметизації тих складських та інших приміщень, де немає повної герметизації;

- утримання в справному стані герметизації герметизованих транспортних засобів для транспортування продуктів і товарів, для надійного захисту продуктів харчування, харчової сировини та інших продовольчих товарів і їх запасів можна використовувати гірські виробки й заглиблені порожнини. У них будують складські приміщення, які внаслідок такого розміщення простіше захистити не тільки від зараження, а й від усіх інших вражаючих факторів.

Можемо зробити висновок:

1. Для захисту продуктів харчування необхідно проводити такі види заходів: організаційні, інженерно-технічні, санітарно-профілактичні.

2. Захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним з основних завдань цивільного захисту для переробних підприємств.

3. Головним способом захисту продуктів є герметизація виробничих, складських приміщень.

4. Для ефективного захисту харчових продуктів та сировини на харчових підприємствах вводять своєчасний контроль за радіаційною обстановкою навколишнього середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У даній роботі було узагальнено та критично розглянуто сучасні способи фільтрування та фільтрувальні матеріали, які використовуються у підготовці води лікєро-горілочаних виробництв.

2. Досліджено вплив морденіту природного, нанообробленого іоно-плазмовою технологією, нанообробленого хімічним синтезом (фракції 1-3 мм та 3,1-5 мм), обсидіану природного, нанообробленого іоно-плазмовою технологією, нанообробленого хімічним синтезом (фракції 1-3 мм та 3,1-5 мм), опалу природного, нанообробленого іоно-плазмовою технологією, нанообробленого хімічним синтезом (фракції 1-3 мм та 3,1-5 мм) та встановлено ефективність їх застосування у очищенні води лікєро-горілочаного виробництва.

3. Побудовано математичну модель процесу очищення води наномодифікованим атеріалом та перевірено її адекватність, проведено оптимізацію.

4. Розраховано та оцінено соціально-економічний вплив удосконалення підготовки води для виготовлення горілочаних напоїв. Економічний ефект від впровадження нанообробленого матеріалу становлять 256 грн на 1000 дал горілки

5. Запропоновано удосконалення технології підготовки води у лікєро-горілочаних виробництвах шляхом використання морденіту нанообробленого іоно-плазмовою технологією фракції 1-3 мм, оскільки це дозволяє отримати показники води, які відповідають вимогам стандарту на воду підготовлену для лікєро-горілочаних виробництв, зменшити витрати коштів на допоміжні матеріали та скоротити негативний вплив на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Басараба Ю. Б., Засадний Т. М. Перспективи застосування цеолітів Сокирницького родовища для очищення природної води *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2015. № 1. С. 46-51.
2. Використання природних мінералів при кондиціюванні води для безалкогольних та алкогольних напоїв / С. І. Олійник, Нгуен Фионг Донг, В. Л. Прибильський, О. М. Здоренко. Нові ідеї в харчовій науці - нові продукти харчовій промисловості: міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13-17 жовтня 2014 р. Київ: НУХТ. 2014. С. 117.
3. ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. [Действующий с 01-07-1973]. Москва: Стандартинформ. 1972. 4 с. (Межгосударственный стандарт).
4. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. [Действующий с 07-09-2010]. Москва: Стандартинформ. 2010. 6 с. (Межгосударственный стандарт).
5. Даниловцева, А.Б., Макаренко С.Ю., Славская И.Л. Технология отрасли. Часть 2. Технология водки и ликеро-водочных напитков: учебно-практические пособие. Москва: МГУТУ. 2010. 79 с.
6. ДБН України. В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ. 2006. 156 с.
7. ДБН України. В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ. 2018. 133 с.
8. Державні санітарні правила і норми СанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом МОЗ України 12.05.2010 № 400. Зареєстровано Мінюстом України 01.07.2010 №452/17747. (Нормативний документ Мінохорони здоров'я України)

9. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова від 01.12.1999 № 37. Київ: Міністерство охорони здоров'я (МОЗ). 1999. 39 с.
10. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова №39 від 01.12.1999. 39 с.
11. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. МОЗ України. Постанова від 01.12.1999. № 42. 10 с.
12. ДСТУ 4077-2001 (ISO 10523:1994, MOD). Якість води. Визначення рН. [Чинний від 01-07-2003]. Київ: Держспоживстандарт. 2003. 11 с. (Національний стандарт України).
13. ДСТУ 5071:2008. Вода підготовлена для лікєро-горілочного виробництва. Фотометричний метод визначання прозорості. [Чинний від 01-07-2009]. Київ: Держспоживстандарт. 2009. 13 с. (Національний стандарт України).
14. ДСТУ 7131:2009. Вода підготовлена для лікєро-горілочного виробництва. Перманганатнометричний метод визначання окислюваності. [Чинний від 01-07-2010]. Київ: Держспоживстандарт. 2010. 11 с. (Національний стандарт України).
15. ДСТУ 7133:2009. Вода підготовлена для лікєро-горілочного виробництва. Фотометричний метод визначання масової концентрації силікатів. [Чинний від 01-07-2010]. Київ: Держспоживстандарт. 2009. 11 с. (Національний стандарт України).
16. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 01.01.2020]. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2020. 84 с.
17. ДСТУ ISO 6059:2003 (ISO 6059:1984, IDT). Якість води. Визначання сумарного вмісту кальцію та магнію. Титрометричний метод із застосовуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти. [Чинний від -01-07-2004]. Київ: Держспоживстандарт. 2004. 12 с (Національний стандарт України).
18. ДСТУ ISO 6332:2003. (ISO 6332:1988, IDT). Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенантроліну.

- [Чинний від 01-07-2004]. Київ: Держспоживстандарт. 2003. 13 с. (Національний стандарт України).
19. ДСТУ ISO 9963-1:2007. (ISO 9963-1:1994, IDT). Якість води. Визначення лужності. Частина 1. Визначення загальної та часткової лужності. [Чинний від 01-01-2009]. Київ: Держспоживстандарт, 2009. 12 с. (Національний стандарт України).
 20. ДСТУ ISO 9963-2:2007. Якість води. Визначення лужності. Частина 2. Визначення карбонатної лужності (ISO 9963-2:1994, IDT) [Чинний від 01-01-2009]. Київ: Держспоживстандарт, 2009. 13 с. (Національний стандарт України).
 21. Застосування природних сорбентів у природоохоронних цілях / Р. Петрус и др. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія Лісівництво та декоративне садівництво*. 2012. Вип. 171(1). С. 139-144.
 22. Использование природного материала в водоподготовке для напитков / С. И. Олейник и др. *Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы II Международной научно-технической конференции (заочной)*. Воронеж : ВГУИТ, 2015. С. 89–90.
 23. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов та ін. // за заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. Київ: НУХТ. 2012. 487 с.
 24. Ковальчук В.П., Олійник С.І. Розроблення та впровадження правил усталеної практики для виробництва лікєро-горілочаної продукції. *Наукові праці ОНАХТ*. 2008. № 34. С. 231–237.
 25. Ковальчук, В. П., Олійник С.І, Опанасюк Т.І. Удосконалення технології фільтрування води для виробництва напоїв. Удосконалення процесів та обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості: тези доповідей Матеріалів міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 10–11 квітня 2012 р. Київ: НУХТ. 2012. С. 20–21.

26. Куц А.М., Кошова В.М. Технологія бродильних виробництв: Конспект лекцій з дисц. «Загальні технології харчової промисловості» для студ. ден. та заоч. форм навчання напряму підготовки 6.051701 “Харчові технології та інженерія”. Київ: НУХТ. 2011. 156 с.
27. Макаров С.Ю., Славская И.Л. Технология водок и ликероводочных изделий. Москва: Легкая и пищевая промышленность. 2012. 481 с.
28. Олійник, С. І., Прибильський В.Л., Чуприна Н.В. Застосування альмандину у водоочищенні під час виробництва алкогольних та безалкогольних напоїв. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. Вип. 46. Т. 2. С. 227–230.
29. Орлов В.О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. Рівне: НУВГП, 2005. 163 с., іл.
30. Павленко Н., Долгошеєва Ю., Хомічак Л. Застосування природних матеріалів в процесах очищення води // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : програма і матеріали 80 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. Київ: НУХТ. 2014. . Ч. 1. С. 304-305.
31. Про охорону праці. [Закон України від 21.11.2002 № 229-IV-ВР]. Відомості Верховної Ради (ВВР). 1992. № 49. ст. 668.
32. СОУ 15.9-37-237:2005. Вода підготовлена для лікєро-горілочного виробництва. Технічні умови. [Чинний від 2006-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2003. 38 с.
33. СОУ 15.9-37-238:2005. Вода підготовлена для лікєро-горілочного виробництва. Визначення катіонів та аніонів. [Чинний від 10-01-2006]. Київ: Держспоживстандарт України. 2003. 45 с. (Стандарт організації України).
34. Сопоставительная оценка халцедона и кварцового песка как фильтрующих материалов. Ярошевская Н.В. и др. *Химия и технология воды*. 2006. Т. 28. № 5. С. 472 - 480.
35. Спосіб адсорбційного очищення питної води. Ткачук Н. А., Мельник Л. М., Мельник З. П.: Патент № 88398 Україна: МПК С02F 1/28 (2009). №а 200802511, заявл. 26.02.2008; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19.

- 36.** Спосіб підготовки води для виробництва горілки. Рубець О. О., Сизько В. Б., Міхненко Є. О., Белко М. Т., Каганов В. Я., Жолнер І. Д., Жихарєв Ю. В., Пилипенко Ю. А., Сватков Л. Б., Шиян П. Л., Ковальчук В. П., Кравчук З. Д., Олійнічук С. Т., Янчевська І. В., Сосницький В. В., Позняков В. Патент № 46635 Україна : МПК С12G 3/00 К. № 2001107157; заявл. 22.10.2001; опубл. 15.05.2002. Бюл. № 5. 2002.
- 37.** Спосіб підготовки води для виробництва напоїв. Ковальчук В. П., Янчевський В. К., Олійник С. І., Резвіна Л. М., Опанасюк Т. І., Трихліб В. А., заявник Український науково-дослідний інститут спирту і біотехнології продовольчих продуктів. Патент № 44153 Україна, МПК С12G 3/00 № 2001053615; заявл. 29.05.2001; опубл. 15.10.2004. Бюл. № 10. 2004.
- 38.** Спосіб підготовки води для виробництва напоїв. Ковальчук В.П.; Олійник С. І.; Олійнічук С. Т.; Міхненко Є. О.; Опанасюк Т. І.; Резвіна Л. М.; Каганов В. Я.; Міць М. Г.; Михайльо В. М.; Загоруйко Д. В. Патент № 78246 Україна: МПК С02F 1/28 В01J 20/20 (2006,01). № 20040604132 ; заявл. 01.06.2004; опубл. 15.03.2007. Бюл. № 3.
- 39.** Спосіб підготовки води для виробництва Патент на корисну модель 135286 МПК В01J 20/20 (2006.01), С02F 1/28 (2006.01), заявл. 17.01.2019, опубл. 25.06.2019. Бюл. № 12/2019.
- 40.** Тарасюк Л. А., Олійник С. І., Прибильський В. Л. Актуальність застосування опало-халцедонового матеріалу у технології горілок. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25. № 5. С. 206-215.
- 41.** ТР У 18.5084-96. Технологічний регламент на виробництво горілок і лікєро-горілочаних напоїв: Затверджений Заступником голови Держхарчопрому України Л.І. Зінченко 19.12.1996. Київ: УкрНДІспиртбіопрод. 1996. 330 с. (Нормативний документ Держхарчопрому України).
- 42.** Фізичні методи очищення рідин: конспект лекцій / Уклад.: О.М. Терентьєв, А.В. Ворфоломеєв. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 162 с.

43. Фільтрація води природними мінералами для напоїв. І. О. Самченко, Л. А. Тарасюк, Т. Г. Сівер, С. І. Олійник. Проблеми формування здорового способу життя у молоді: Збірник матеріалів ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю. Одеса: ОНАХТ. 2016. С. 210-212.
44. Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти (8-11 жовтня 2014 р., м. Київ): матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: НТУУ «КПІ». 2014. 220 с.
45. Шунгіт. Wikipedia: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BD%D0%B3%D1%96D1%82> (дата звернення: 09.09.2020)
46. A Hybrid Sorbent Utilizing Nanoparticles of Hydrous Iron Oxide for Arsenic Removal from Drinking Water. Sylvester, P., Westerhoff, P., Möller, T., Badruzzaman, M., & Boyd, O. (2007). *Environmental Engineering Science*. 24(1).104–112. doi:10.1089/ees.2007. 24. 104 p.
47. A review on carbon nanotubes in an environmental protection and green engineering perspective. YT Ong, AL Ahmad, SHS Zein, SH Tan. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2010. 27 (2), P. 227-242.
48. A. Roy, J. Bhattacharya. Nanotechnology in industrial wastewater treatment. *IWA Publishing*. ISBN 9781780406879. 2015. 157 p.
49. Amin, M. T., Alazba, A. A., & Manzoor, U. A Review of Removal of Pollutants from Water/Wastewater Using Different Types of Nanomaterials. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2014. P. 1–24. doi:10.1155/2014/825910
50. Aqueous adsorption of aniline, phenol, and their substitutes by multi-walled carbon nanotubes. Yang, K., Wu, W.H., Jing, Q.F., et al., 2008. *Environmental Science & Technology*. 42 (21):7931–7936. doi:10.1021/es801463v
51. ASTM D1498-07. Standard Test Method for Oxidation-Reduction Potential of Water, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007. веб-сайт. URL: www.astm.org (дата звернення: 15.12.2020)

52. Auffan M., Rose J., Bottero J.Y. et al. *Nature Nanotechnology*. 2009. 4 (10). 634-641p.
53. Bentonite. Wikipedia : веб-сайт. URL:<https://en.wikipedia.org/wiki/Bentonite> (дата звернення: 09.09.2020)
54. Biochar. Wikipedia : веб-сайт. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Biochar> (дата звернення: 15.12.2020)
55. Biopolymers-based nanocomposites: membranes from propionated lignin and cellulose for water purification. Nevárez, L.M., Casarrubias, L.B., Canto, O.S., Celzard, A., Fierro, V., Gómez, R.I., Sánchez, G.G., 2011. *Carbohydr. Polym.* 86. 732–741 p.
56. Fabrication and characterization of novel PES/Fe–Mn binary oxide UF mixed matrix membrane for adsorptive removal of As(III) from contaminated water solution. Jamshidi Gohari, R., Lau, W. J., Matsuura, T., & Ismail, A. F. *Separation and Purification Technology*. 2013. 118. 64–72 p. doi:10.1016/j.seppur.2013.06.043
57. Kim, J., & Van der Bruggen, B. The use of nanoparticles in polymeric and ceramic membrane structures: Review of manufacturing procedures and performance improvement for water treatment. *Environmental Pollution*. 2010. 158(7). 2335–2349 p. doi:10.1016/j.envpol.2010.03.024
58. Lind M.L., Suk D.E., Nguyen T.V. et al. *Environmental Science and Technology*. 2010. 44 (21). 8230-8235 p.
59. Low-Field Magnetic Separation of Monodisperse Fe₃O₄ Nanocrystals. Yavuz, C. T., Mayo, J. T., Yu, W. W., Prakash, A., Falkner, J. C., Yean, S., ... Colvin, V. L. *Science*. 2006. 4(5801). 964–967 p. doi:10.1126/science.1131475
60. Lu C.S., Chiu H., Liu C.T. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2006. 45 (8). 2850-2855.
61. Novel polyethersulfone nanocomposite membrane prepared by PANI/Fe₃O₄ nanoparticles with enhanced performance for Cu(II) removal from water. Daraei, P., Madaeni, S. S., Ghaemi, N., Salehi, E., Khadivi, M. A., Moradian, R., & Astinchap,

- B. *Journal of Membrane Science*. 2012. 415-416. 250–259 p. doi:10.1016/j.memsci.2012.05.007
62. Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent—a critical review. Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y.S., Pittman, C.U. *Biores. Technol.* 2014. 160. 191–202 p.
63. Preparation and characterization of polyvinyl chloride based nanocomposite nanofiltration-membrane modified by iron oxide nanoparticles for lead removal from water. Gholami, A., Moghadassi, A. R., Hosseini, S. M., Shabani, S., & Gholami, F. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2014. 20(4). 1517–1522 p. doi:10.1016/j.jiec.2013.07.041
64. Qu, X., Alvarez, P. J. J., & Li, Q. Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Research*. 2013. 47(12). 3931–3946 p. doi:10.1016/j.watres.2012.09.058
65. Sand. Wikipedia : веб-сайт. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sand> (дата звернення: 09.09.2020)
66. Saponite. Wikipedia : веб-сайт. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Saponite> (дата звернення: 09.09.2020)
67. Synthesis, characterization, and dye sorption ability of carbon nanotube–biochar nanocomposites. Inyang, M., Gao, B., Zimmerman, A., Zhang, M., Chen, H. *Chem. Eng. J.* 2014. 236. 39–46 p.
68. Tetala, K. K. R., & Stamatialis, D. F. Mixed matrix membranes for efficient adsorption of copper ions from aqueous solutions. *Separation and Purification Technology*. 2013. 104. 214–220 p. doi:10.1016/j.seppur.2012.11.022
69. TiO₂-Based Advanced Oxidation Nanotechnologies for Water Purification and Reuse. Choi, H., Al-Abed, S. R., Dionysiou, D. D., Stathatos, E., & Lianos, P. Chapter 8. *Sustainability Science and Engineering*. 2010. 229–254 p. doi:10.1016/s1871-2711(09)00208-6

ДОДАТОК А. Робоча програма

Затверджено на засіданні кафедри
біотехнології продуктів бродіння
і виноробства НУХТ,
протокол № від « 1 » 31.08.2020 р.
Зав. кафедри _____ А.М. Куц

Робоча програма кваліфікаційної роботи на тему: «Обґрунтування та вибір ефективних наноматеріалів для очищення води у технології горілок»

ВСТУП

1. СУЧАСНИЙ СТАН СПОБІВ ФІЛЬТРУВАННЯ ТА ВИКОРИСТОВУВАНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВОДОПІДГОТОВЦІ ГОРІЛЧАНОГО ВИРОБНИЦТВА

(аналітичний огляд)

1.1 Сучасні способи фільтрування у виробництві горілкової продукції

1.2 Основні види фільтрувальних матеріалів для підготовки води

1.3 Наноматеріали та їх застосування у підготовці води

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали досліджень

2.2 Методи досліджень

2.3 Методика досліджень

3. ОБґРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЕФЕКТИВНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ У ТЕХНОЛОГІЇ ГОРІЛОК(експериментальна частина)

3.1 Дослідження впливу використання морденіту природного та нанообробленого у
фільтруванні води

3.2 Дослідження впливу обсидіану природного та нанообробленого на показники
якості підготовленої води

3.3 Дослідження впливу використання опалу природного та нанообробленого у
фільтруванні води

3.4 Дослідження впливу обсидіану природного та нанообробленого на показники
якості підготовленої води

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Здобувач

О.А. Пивоваров

Керівник, доцент, к.т.н.

С.І. Олійник

ДОДАТОК Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский союз предприятий молочной отрасли
ФГАНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт молочной промышленности
ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский
и технологический институт птицеводства РАН
Ассоциация «Технологическая платформа
«Технологии пищевой и перерабатывающей
промышленности АПК – продукты здорового питания»
«Tewes-Bis» Sp. z o.o. (республика Польша)
АО «MEGA a.s.» (представительство в республике Беларусь)
АО «Молвест»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

«Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»

Материалы
VI Международной научно-технической конференции

11 ноября 2019 года



Воронеж
2019

УДК 663.6, 663.664

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.Н. Острик, С.И.Олейник, А.А. Пивоваров

Национальный университет пищевых технологий,
г. Киев, Украина

Аннотация. Реализация мероприятий по повышению качества ликероводочной продукции и полуфабрикатов на основе плодово-ягодного и растительного сырья требует внедрения современных методов прогнозирования и контроля.

Установлена актуальность проведения тестирования ликероводочных изделий с целью повышения их стабильности, что будет способствовать интенсификации технологического процесса и повышению качества готовой продукции.

Ключевые слова. ликероводочные изделия, стабилизация, помутнения, осадок

Abstract. Implementation of measures to improve the quality of alcoholic beverages and semi-finished products based on fruit and vegetable raw materials requires the introduction of modern methods of forecasting and control.

The urgency of testing alcoholic beverages to improve their stability, which will contribute to the intensification of the technological process and improve the quality of finished products.

Keywords. alcoholic beverages, stabilization, turbidity, sediment

Технология приготовления настоек, ликеров, наливок, бальзамов, десертных напитков предусматривает стадию стабилизации, так как ликероводочные изделия на основе полуфабрикатов плодово-ягодного или растительного сырья могут образовывать помутнения различного характера [1].

Объект исследования — технология ликероводочных изделий.

Исследовали образцы настоек, которые были приготовлены в производственных условиях на основе: пищевых экстрактов

плодов клюквы и брусники, морсов спиртовых из сухих ягод бузины, черноплодной рябины аронии, черной смородины, настоев спиртовых из плодов апельсина и лимона.

В процессе исследований устанавливали прогнозируемую стойкость методом тестирования в критических условиях и возможные причины изменения внешнего вида настоек.

После тестирования в образцах настоек наблюдали осадок, на дне бутылок и в объеме жидкости, темно-красного и бурого цвета в виде чешуек разной формы и размера, не исчезающий при перемешивании. Часть осадка была сформирована в виде округлых частиц с размытыми краями. Часть осадка — недостаточно сформирована в виде мелких частиц с рваными краями.

Были выявлены соединения, а также возможные причины образования помутнений и осадков в исследуемых образцах настоек.

В первые 12 часов после начала тестирования наблюдали осаждение механических примесей размером 40 – 50 мкм, которые формируют помутнения, выявленные при внешнем органолептическом исследовании (окисленные полифенолы, железоорганические комплексы, а также частицы, внесенные с рецептурными ингредиентами).

После 48 часов тестирования наблюдали мутность в напитках, образование и укрупнение взвешенных веществ, размером до 8 – 10 мкм, состоящих из танинов, полисахаридов, полифенольных комплексов. Оптическая плотность изделия изменяется на 10 – 12 %.

После 8 дней тестирования наблюдали формирование осадков коллоидных веществ размером 0,2 – 0,5 мкм, состоящих из пектинов, полифенолов, нестабильных полисахаридов. Оптическая плотность изделия изменяется на 20 – 25 %.

Металлоорганические комплексы могут способствовать образованию кристаллических помутнений вследствие превышения регламентированных значений катионно-анионного состава (ионов кальция и магния; железа; марганца; меди; алюминия; карбонатов и гидрокарбонатов; сульфатов;

фосфатов, силикатов) и общей минерализации подготовленной воды, а также в полуфабрикатах на основе плодово-ягодного сырья. Кроме того, растворенные газы (кислород и углекислый газ) при взаимодействии с органическими веществами их окисляют, что приводит к образованию металлорганических комплексов [1, 2].

Для минимизации влияния растворенных веществ подготовленной воды необходимо при составлении рецептуры нового вида изделия регулировать катионно-анионный состав и осуществлять дегазацию подготовленной воды, что обеспечит оптимальный водородный показатель напитка и углекислотнокарбонатное равновесие подготовленной воды.

Также причинами появления посторонних включений в напитке может быть использование фильтровального картона с высоким содержанием кальция, а также отделения ворсинок с поверхности картона, тканевых рукавных фильтров, попадания частиц пыли из окружающего воздуха в резервуары, если они не укомплектованы фильтрами стерильного дыхания, значительной продолжительностью трубопроводов между резервуарами и линиями розлива.

Вывод Установлена необходимость применения тестирования ликероводочных напитков для установления сроков хранения и выявления возможных причин изменения внешнего вида готовых изделий.

Список литературы

1. Инновационные технологии продуктов брожения и виноделия: учебник./ С.В. Иванов, В.А. Домарецкий, В.Л.

Прибильский и др.//под общ. ред. д-ра хим. наук, проф. С.В. Иванова. — К.: НУПТ, 2012. — 487 с.

2. Стабильность ликероводочных изделий из плодово-ягодного сырья в процессе хранения: производство спирта и ликероводочных изделий / Е.И. Курбатова, Л.В. Римарева, В.В. Трифонова, И.И. Бурачевский. – 2006. – № 2. – С. 28–29.

Міністерство освіти і науки України
Одеська національна академія харчових технологій



ВОДА В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Збірник тез доповідей
XI Всеукраїнської науково-практичної
конференції

Одеса, 2020

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ТА НАНООБРОБЛЕНИХ ПРИРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ НАПОЇВ

Тарасюк Л. А., аспірант, Самченко І. О., аспірант, Пивоваров О. А.,
Олійник С. І., к. т. н., доцент

Національний університет харчових технологій, м. Київ

Вступ У виробничій практиці для фільтрування та сорбційного очищення використовують різні матеріали, які поділяють на вуглецеві та мінеральні. До вуглецевих відносять активне вугілля, антрацитовий фільтрант, а до мінеральних – кварцевий пісок, цеоліти, природні мінерали [1, 2].

Об'єкт дослідження – технологія очищення води для виробництва напоїв.

Результати Для практичного використання того чи іншого природного матеріалу важливі такі характеристики:

- вартість, доступність, значний строк експлуатації матеріалу;
- екологічна чистота під час застосування;
- технологічність операцій;
- кількість промислових стоків і витрати на підготування матеріалу, можливість утилізації реагентів після модифікування на нанооброблення.

Також основними вимогами, що висуваються до природних матеріалів, є високі значення брудомісткості, фільтрувально-сорбційної ємності, питомої поверхні і мікропористості. Структура та поверхня природного матеріалу визначає його технологічні властивості, механізми взаємодії зі зваженими речовинами тощо.

Для зниження концентрації дрібнодисперсних часток широко використовують процеси фільтрування. Фільтрування води через шар зернистого завантаження відбувається у декілька стадій: доставка частинок до зерен завантаження і прилипання їх або затримання у зернистому шарі. Робочою зоною під час фільтрування є поверхня матеріалу та простір міжзернового завантаження.

Визначено, що перспективним є застосування нанооброблених або модифікованих природних матеріалів та волокнистих наномодифікованих матеріалів.

Модифікація та нанооброблення природного завантаження поліпшувало показники по прозорості фільтрату на 70 - 85%, а по забарвленості – 35 - 45%.

Правильний підбір зернистого завантаження суттєво визначає ефективність фільтрування, яка залежить від властивостей природного матеріалу — крупність, форма, шорсткість, а також геометричної структури шару — пористість шару, розмір окремих пор між зернами, однорідність зерен. Таким чином, посилення питомого потенціалу адсорбційних сил поверхневого шару природних матеріалів їх термічна обробка, модифікування або нанооброблення підвищує від 30 % до 60 % ефективність очищення вихідної води.

Висновок Модифікація на нанооброблення природного завантаження дає змогу інтенсифікувати процес освітлення води, знизити витрати реагентів на 15-30 % з отриманням якісної підготовленої води, зменшити собівартість фільтрування води.

Джерела інформації

1. Теоретические основы очистки воды [Текст] / Н. И. Куликов, А. Я. Найманов, Н. П. Омельченко, В. Н. Чернышев. – Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2009. – 298 с.
2. Говорова Ж. М. Обоснование и разработка технологий очистки природных вод: дис. ... докт. техн. наук / Говорова Ж. М. – Москва, 2004. – 422 с.

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ СПИРТУ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ
ПРОДОВОЛЬЧИХ ПРОДУКТІВ»
ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»



МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ:
«БІОТЕХНОЛОГІЇ ПРОДОВОЛЬЧИХ
ПРОДУКТІВ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ»,
З НАГОДИ 75 – РІЧНИЦІ
ДНУ «УКРНДІСПИРТБІОПРОД»

22-23 жовтня 2020 р.

КИЇВ - 2020

9	Перегляд національного стандарту на напої слабоалкогольні <i>Ковальчук В.П., Чехун М.Г., Опанасюк Т.І., Олійник С.І.</i>	38
10	Способи дезодорації та кондиціонування стічних вод спиртових заводів, що переробляють мелясу <i>Чумак Ю. В., Тємертєй Г.Г., Бабич О.О.</i>	41
11	Анаеробне очищення концентрованих стічних вод <i>Чумак Ю. В., Тємертєй Г.Г., Бабич О.О.....</i>	47
12	Характеристика відходів виробництва спирту етилового із цукровмісної сировини та способи їх утилізації <i>Чумак Ю. В., Тємертєй Г.Г., Бабич О.О.....</i>	52
13	Main downloads of mechanical filters and control filtering in liquor-vodkas production <i>Maslyanko A., Oliynyk S., Dulka O.</i>	56
14	Stabilization of blisters of alcoholic products <i>Ostryk O., Vashchenko A., Oliynyk S.....</i>	60
15	Use of natural mineral dispersed materials during beverage production <i>Tarasyuk LA, Pivovarov O., Oliynyk S.</i>	62
16	Use of modified and materials for purification of water-alcoholic liquid <i>Samchenko I., Nishchun R., Oliynyk S.....</i>	66
17	Проектування виробництв міцних напоїв на основі плодової сировини <i>Боярчук В. О., Подимайло О. В.....</i>	68
18	Нові державні нормативні акти з охорони праці – основа проектування <i>Боярчук В. О., Подимайло О. В.....</i>	70

USE OF NATURAL MINERAL DISPERSED MATERIALS DURING BEVERAGE PRODUCTION

Tarasyuk LA, graduate student

Pivovarov O., undergraduate

Oliynyk SI, Ph.D., Associate Professor

National University of Food Technology

The development of the use of adsorption materials in the production of beverages was based on different types of adsorbents: carbon, silica gels, zeolites. Sorption purification of water (water-alcohol mixtures) means the sorption (concentration) of substances on the surface or in the pore volume of the solid material of the adsorbent.

Fine and porous sorbents have the largest specific surface area. The pores of the sorbents are divided into: micropores (ref <0.6 - 0.7 nm), supermicropores (0.6 - 0.7 nm <ref <1.5 - 1.6 nm), mesopores or transitional (1.5 - 1.6 nm <ref <100 - 200 nm), macropores (ref > 100 - 200 nm).

Micropores: the smallest pores with a radius less than 0.6-0.7 nm. A characteristic feature of micropores is that they are commensurate in size with the molecules that are adsorbed.

The adsorption energy in micropores significantly exceeds the adsorption energy in comparison with the surface of macropores and transition pores, as well as non-porous adsorbents of the same chemical nature. The volume of micropores of activated carbon is in the range of 0,2 – 0,6 cm³/g. Micropores play a significant role in sorption processes on activated carbon or microporous minerals.

In industrial adsorbents (activated carbon, zeolites, microporous minerals), the size of the micropores is proportional to the size of the gaps between adjacent pores,

which are formed by the substance of the adsorbent. This leads to the fact that all atoms or molecules of the adsorbent substance are in interaction with the molecules of the adsorbate in the micropores. In other words, in the space of micropores there is a field of adsorption forces. This is the main difference between micropores and adsorption in larger pores.

The main types of industrial adsorbents, which are mostly used in alcoholic or non-alcoholic industries are: activated carbon, silica gels, zeolites, industrial clays, ion exchangers and microporous minerals.

According to the size and shape of the particles, carbon materials are divided into: granular activated carbon (powdered), powdered, as well as carbon fibers.

According to the peculiarities of the structure, chemical composition, physicochemical properties, there are three groups of natural sorbents: dispersed silica; layered and layered-tape silicates; frame silicates (zeolites).

The use of such materials is due to their: sufficiently high capacity, selectivity, cation exchange properties of some of them, low cost and availability (sometimes as a local material).

The materials were most widely used for: reduction of water color, removal of inorganic impurities and especially toxic organochlorine compounds and herbicides, various surfactants.

Frame silicates (zeolites), as a type of industrial adsorbents, are divided into: natural zeolites, synthetic zeolites.

The most common are natural zeolites:

- shabazite $(\text{Na}_2\text{Ca})\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 4\text{SiO}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ with a mesh size of 0.37-0.50 nm;
- mordenite $(\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ca})\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 10\text{SiO}_2 \times 7\text{H}_2\text{O}$ with a mesh size of 0.67-0.70 nm;
- clinoptilolite $(\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ca})\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 10\text{SiO}_2 \times 8\text{H}_2\text{O}$.

Natural zeolites are used as filter materials for water purification from: surfactants, aromatic and carcinogenic organic compounds, pesticides, colloidal and bacterial contaminants, removal of nitrogen-containing compounds.

Shungite is a dense rock that contains a special modification of carbon, which can be a filter material and an adsorbent with bactericidal properties.

The silicate part consists of, %: quartz - 70-75, sericite - 15-20, chlorite - 5-8, albite - 2, pyrite - 1. The bulk density of shungite - about 2.2 g/cm^3 , water absorption - 0,1-2,6%.

Artificial synthetic zeolites have a structure and geometric structure similar to natural zeolites. Artificial porous materials (expanded clay, shungizite, agloporite) have a complex silicate composition and low mechanical and chemical properties.

Also, chemically inert substances (quartz sand, crushed hydroanthracite, crushed marble, ceramic crumb, etc.) are used as filter materials, which are used to retain suspended particles.

Pomegranate sand belongs to the class of almandites, a very hard and strong mineral, has a low silicon content - less than 1%, the effective grain size from 0.156 mm to 2.4 mm. It is close to quartz sand in terms of filtering characteristics, but it is superior to it in terms of mechanical strength, layer porosity and chemical resistance.

Anthracite is a natural filter material made of high-quality low-ash anthracites, which are characterized by excellent mechanical and physical qualities, with regulated values of ash content, total sulfur content, specified values of abrasion and grinding. At contact of particles of anthracite with water in it there is no increase in concentration of silicic acid and oxidation. Flushing of this filter material after initial loading is characterized by a very low level of dust in comparison with other materials. Leakages of suspended solids observed before overload are completely excluded.

It is established that the use of natural materials makes it possible to improve the organoleptic characteristics of water and use it in single-layer and multi-layer filters during the production of beverages.

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

86

**Міжнародна наукова
конференція молодих учених,
аспірантів і студентів**

**"Наукові здобутки молоді –
вирішенню проблем
харчування людства у ХХІ
столітті"**

2–3 квітня 2020 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2020

20. Очищення сортівки у горілчаному виробництві

Олексій Пивоваров, Роман Нищун, Світлана Олійник
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
Володимир Ковальчук, Надія Челишева
ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод», Київ, Україна

Вступ. Для отримання горілчаної продукції найвищої на етапі приготування обробляють сортівку традиційними і додатковими нетрадиційними способами.

Матеріали і методи. Застосовували методи теоретичного узагальнення, порівняння та системного підходу.

Об'єктом дослідження була технологія лікєро-горілчаного виробництва.

Результати. До традиційних класичних способів оброблення сортівки відносять фільтрування кварцевим піском та обробку:

- періодичним способом із використанням порошкоподібного деревного активного вугіллям на установці «Полтавчанка»,
- динамічним способом із застосуванням активного вугілля різних видів: деревного, кокосового, кісточкового,
- системами із фільтрувальними елементами, які заповнені кокосовим активним вугіллям імпрегнованим сріблом, золотом, платиною.

Перед очищенням активним вугіллям також застосовують додаткові попередні способи обробки сортівки:

- знежиреним сухим молоком, що передбачає приготування водно-спиртової суміші змішуванням спирту етилового ректифікованого з питною водою, освітленням зазначеної суміші знежиреним молоком, для осадження небажаних речовин, у співвідношенні 1:2;
- яєчним перепелиним білком, яка передбачає приготування сортівки, її очищення збитими та розбавленими водою білками, відстоювання протягом 12 годин, відділення сортівки від білка фільтрацією на фільтрпресі з наступним очищенням на вугільно-очисній батареї для покращення органолептичних та фізико-хімічних показників горілки;
- модифікованим крохмалем, яка включає приготування модифікованого крохмалю концентрацією 2,5-5 % та рН 6,5-6,7; під час перемішування спирту з водою поступово вносять модифікований крохмаль (120-60 дм³) на 1000 дал сортівки тривалість перемішування – 30 хв., витримкою у напірній ємності протягом 2 год;
- додатковим введенням у підготовлену воду та у спирт етиловий ректифікований колоїдного розчину наночастинок мікроелементів і дорогоцінних металів, отриманих ерозійно-вибуховим диспергуванням металевих гранул у воді та у спирті;
- поєднанням оброблених магнітним полем потоків води та спирту, вплив на сортівку до очищення активним вугіллям магнітним полем, утвореним магнітними системами.

Висновок. Визначено основні та додаткові способи обробки водно-спиртових сумішей, які сприяють наданню готовій продукції кришталевого блиску, нейтрального горілчаного аромату і м'якого смаку.

Література

1. Производство водок и ликероводочных изделий. Бурачевский И.И., Зайнуллин Р.А., Кунакова Р.В., Поляков В.А., Федоренко В.И. М.: ДеЛипринт, 2009. 324.