

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Медичний факультет
Кафедра хімії та фармації

**МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ В
УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ**

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконала: здобувачка 4 курсу, 06-442 групи

Спеціальності 102 Хімія

Освітньо-професійної програми Хімія

Максимюк Дарина Олександрівна

Керівник: доктор хімічних наук, професор

Близнюк Валерій Миколайович

Рецензент: кандидатка технічних наук, доцентка
кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки
харчових продуктів Херсонського національного
технічного університету

Венгер Олена Олексіївна

Івано-Франківськ, 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ.....	8
1.1. Загальна характеристика методів очищення питної води.....	8
1.2. Законодавчі та нормативні акти щодо контролю якості питної води в Україні та країнах Європи.....	18
1.3. Сучасні методи контролю якості питної води в Україні.....	22
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	26
2.1. Оцінка стану водопостачання та водоочищення в Україні у довоєнний та воєнний періоди.....	26
2.2. Особливості впливу війни на якість питної води: проблеми та виклики.....	33
РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ.....	39
3.1. Адаптація європейських стандартів до умов воєнного часу.....	39
3.2. Інноваційні технології у системах водопостачання та очищенні питної води: досвід країн ЄС.....	43
3.3. Практичні рекомендації та заходи щодо покращення систем водопостачання та очищення питної води в Україні	48
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТКИ.....	64
ДОДАТОК А. Вимоги до якості питних вод.....	65
ДОДАТОК Б. Відбір та водопідготовка.....	69
ДОДАТОК В. Показники якості води в регіонах України.....	74
ДОДАТОК Г. Технологічні схеми з підготовки питної води.....	76

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВЗ – водоохоронна зона

ВМ – важкі метали

ГДК – гранично допустимі концентрації

ДСанПІН – державні санітарні правила і норми

ЕМ – екологічний моніторинг

ЗУ – Закон України

ЄС – Європейський Союз

МОЗ – Міністерство охорони здоров'я

МЕПРУ – Міністерство екології та природних ресурсів України

ОЛВ – органолептичні властивості

ОП – охорона праці

рН – концентрація іонів водню

СЗЗ – санітарно-захисна зона

СЕС – санітарно-епідеміологічна служба

ВСТУП

Актуальність теми. Якість питної води в Україні потребує покращення, так як застарілі технології очищення не справляються з зростаючим рівнем забруднення, що призводить до погіршення здоров'я населення країни. Для вирішення цієї проблеми необхідно досліджувати та впроваджувати більш інноваційні методи очищення води, а також запроваджувати модернізовані технологічні схеми, що використовуються на комунальних станціях з водоочищення та водопідготовки. Впровадження сучасних технологій очистки повинно відбуватися у відповідності до чинних європейських стандартів, що сприятиме не лише покращенню якості питної води, а й гармонізації українського та європейського законодавства стосовно водної політики у процесі євроінтеграції України. Це дозволить ефективніше здійснювати управління водними ресурсами та зменшить негативний вплив на навколишнє середовище [1, с. 95].

Російсько-українська війна загострила проблему водопостачання, особливо в регіонах, де вона й раніше була критичною. Війна спричинила руйнування водоочисних споруд та інфраструктури, що залишило мільйони українців без доступу до безпечної води. Серед найбільш постраждалих міст України опинилися: Харків, Маріуполь, Суми, Херсон, Миколаїв, Запоріжжя, Кривий Ріг та Чернігів, а перебої з водопостачанням відчувалися навіть у тих регіонах, які раніше не мали таких проблем. У зв'язку з цим МОЗ України було впроваджено нові санітарні норми, які регламентують якість питної води в Україні саме в умовах війни (відповідно до Наказ № 683 від 22 квітня 2022 року) [2].

Законодавча база України загалом підтримує європейське законодавство, проте європейські стандарти постійно оновлюються, а наше законодавство багато в чому застаріле, не досить детальне та не відповідає встановленим європейським критеріям безпеки питної води.

Саме тому після закінчення війни Україна має обов'язково імplementувати Європейські Директиви з питання якості питної води, що передбачені Угодою про асоціацію з ЄС. Основна мета Директивів полягає у забезпеченні населення безпечною питною водою відповідно до високих європейських стандартів [1, с. 96].

Європейські стандарти не завжди потребують будівництва нових станцій, достатньо лише модернізувати існуючі сучасні технологічні схеми очистки води. Інноваційні методи дозволять не лише видалити завислі речовини та шкідливі мікроорганізми, а й також видалятимуть низькомолекулярні сполуки та ферменти, що значно покращить якість питної води. Поєднання традиційних та інноваційних методів очистки питної води дозволить досягнути відповідності європейським вимогам, що є ключем до екологічної безпеки країни. Варто пам'ятати, що недостатнє очищення води може стати причиною інфекційних захворювань та навіть онкологічних ризиків, що робить дотримання європейських норм стратегічно важливим для України [3, с. 5].

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Комплексну оцінку якості води, її методологія дослідження та джерела забруднення в умовах ведення війни викладено у працях: Живко Ж. [22]; Кравченко М., Василенко Л. [47]; Лотоцька-Дудик У. Б. [16]; Шевченко Л. Я., Чадний Д. В. [23]; Маслюк В., Радовенчик Я. [35] та інші. Проблемою якості та безпечності питної води в Україні, що відповідає європейським стандартам в критичних умовах господарювання займалися наступні дослідники: Андрушина І. [5]; Строкаль В. П. [1]; Якобчук Ю. О. [15]; Ковпак А. В., Яненко У. [39]; Малько О. Д., Закоморна К. О. [42]; Уберман В. І. та Васьковець Л. А. [43] та інші.

Попри значну кількість досліджень, питання наслідків забруднення питної води та ефективних методів її очистки на сьогодні залишаються недостатньо вивченими, що зумовлює актуальність подальших наукових пошуків. Особливо гостро дана проблема постає в умовах введення війни

та можливістю країни забезпечувати своє населення якісною та безпечною водою яка б відповідала європейським стандартам, що і стало основою для вибору теми дипломної роботи: «Методи очищення та контролю якості питної води в Україні для забезпечення європейських стандартів у умовах воєнного часу».

Мета дослідження: оцінити сучасний стан контролю якості питної води в Україні та способи адаптації до європейських стандартів якості води у в умовах воєнного часу.

Завдання дослідження.

1. Здійснити аналіз методів очищення води та розглянути основні технологічні схеми очищення питної води.
2. Розглянути законодавчі та нормативні акти щодо контролю якості питної води в Україні та виявити їх відповідність європейським стандартам;
3. Охарактеризувати сучасні методи контролю якості питної води в Україні;
4. Оцінити сучасний стан водопостачання та водоочищення в Україні у довоєнний та воєнний періоди та проаналізувати вплив війни на якість питної води в Україні
5. Проаналізувати інноваційні технології у системі водопостачання та очищенні питної води та запропонувати практичні кроки у процесі покращення питної води в Україні.

Об'єкт дослідження: водопостачання та водоочищення в Україні.

Предмет дослідження: сучасні методи очистки та контролю якості питної води в Україні в контексті українського та європейського законодавства в умовах воєнного часу.

Методи дослідження:

- метод аналізу та синтезу використовувався з метою вивчення основних методів очистки та контролю якості питної води в Україні та їх відповідності європейським стандартам;

- метод узагальнення та систематизації використовувався з метою впорядкування та класифікації сучасних методів очищення питної води в Україні відповідно до їх ефективності та відповідності європейським стандартам;
- метод порівняння – з метою оцінки відповідності українського законодавства та стандартів щодо якості води вимогам ЄС;
- метод моніторингу з метою оцінки ефективності різних методів очистки води в умовах війни, з урахуванням доступності ресурсів та обладнання;
- метод статистичного аналізу використовувався з метою обробки даних щодо якості води у різних регіонах України включаючи зони активних бойових дій (окуповані території).

Практичне значення одержаних результатів. Отриманні результати дослідження можуть бути використанні для розробки навчально-методичного комплексу з дисципліни «Хімія природних, стічних вод та хімія атмосфери» для здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальності 102 «Хімія» та спеціальністю 014 «Середня освіта»

Апробація результатів дослідження. Опубліковано наукову тезу «Якість та безпечність питної води в Україні в умовах воєнного часу: проблеми, ризики та шляхи рішення» на V Міжнародна науково-практична конференція «EUROPEAN CONGRESS OF SCIENTIFIC DISCOVERY».

Структура роботи. Робота містить: вступну частину, три розділи з підрозділами, висновки, список використаних джерел, додатки. Обсяг основної частини роботи складає 54 сторінки.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

1.1. Загальна характеристика методів очищення питної води

Технологічний процес очищення води обумовлюється характеристиками вихідної сировини та чинними вимогами до якості очищеної води. Воді, які збирають з природніх джерел – поверхневих та підземних може містити різноманітні види забруднювачів, які роблять її непридатною для споживання. Саме тому досить важливо вдало підібрати методи очищення води, які дозволять покращити фізичні, хімічні та бактеріологічні властивості у відповідності до чинних законодавчих актів та потреб споживача. Технологія підготовки питної води охоплює цілий комплекс методів та схем очистки які покращать природні властивості води, зменшать небажані інгредієнти та збагатять її тими компонентами, яких не вистачає.

Залежно від якості води джерела водопостачання та ступеня її забруднення використовують різні методи очищення. Основними групами процесів з водопідготовки є [1, с. 97]:

- Поліпшення органолептичних властивостей (знебарвлення води (усунення каламутності); усунення неприємного смаку та запаху);
- Забезпечення епідеміологічної безпеки (зnezараження шляхом використання хімічних методів очистки: хлорування, озонування, ультрафіолетова обробка води);
- Корегування мінерального складу (зnezалізення, пом'якшення та знесолення).

Відмітимо, якщо забір води здійснюють із поверхневих водоймищ, тоді таку воду очищують за традиційною технологією (рис. 1.1.) [3, с. 6] та удосконаленою схемою (рис. 1.2.) [4], що включають в себе процеси

знебарвлення, проясненням (у відстійниках та за використання спеціальних прояснювачів) а також швидкими та повільними фільтрами очищення води.

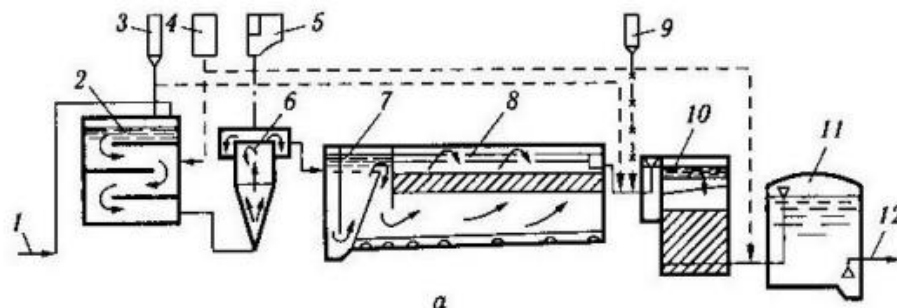


Рис. 1.1. Традиційна технологічна схема
очистки питної води в Україні [3]

1– «подача води з джерела»; 2 – «контрактний резервуар»; 3 – очищення води вугільним сорбентом; 4 – резервуар з хлором; 5 – резервуар з коагулянтном; 6 – «вертикальний змішувач» 7 – «установка з утворення пластівців осаду»; 8 – «горизонтальний відстійник»; 9 – резервуар з фтором; 10 – швидкий фільтр; 11 – резервуар чистої води; 12 – «відведення очищеної питної води»

Дана схема очистки питної води є досить ефективною, яка здатна очищувати воду будь-якої якості. Основні етапи очистки [3, с. 7]:

- вода з джерела під високим тиском подається на барабанні сітки для видалення великих завислих частинок;
- далі вода надходить у резервуар з хлором, де і відбувається так зване «перше хлорування» також за потреби до резервуару додають лужні реагенти;
- після вода під тиском подається у камери для утворення пластівців осаду;
- утворенні пластівці випадають в осад у горизонтальному відстійнику (рідше використовують вертикальні відстійники);
- далі вода подається на швидкі фільтра та за потреби до води додають реагенти для дезодорації.

- після воду знезаражують та спрямовують у резервуар з чистою водою, звідки вона подається у централізовану мережу водоспоживання.

Завершують підготовку води знезараженням та використанням хімічних методів очистки (хлорування, озонування).

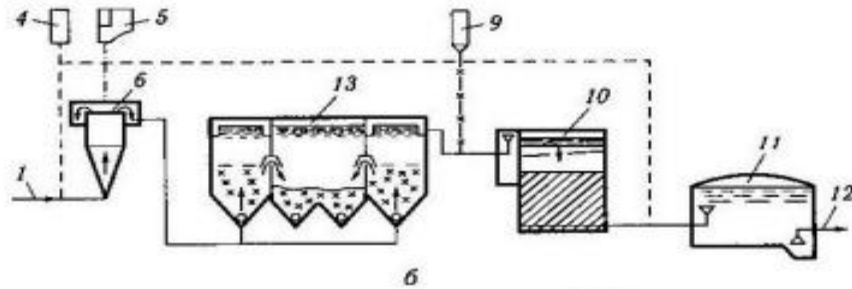


Рис. 1.2. Удосконалена технологічна схема очистки питної води в країнах Європи (13 – прояснювач із шаром завислого осаду) [4]

У країнах Європи у процесі водопідготовки використовують удосконалену технологічну схему очищення води, тому що вона забезпечує більш ефективне видалення домішок та її знезараження. Основна перевага використання даної схеми полягає у: можливості поєднання процесів коагуляції, прояснення та знебарвлення в одному апараті. Також використовують так звані «прояснювачі із завислим шаром осаду», що значно пришвидшують очистку. Двошарові фільтри дозволяють досягнути вищої якості води, а компактність споруд сприяє економії простору. Проте складність конструкції потребує більшого контролю та належного технічного обслуговування. Проте високий рівень очищення питної води виправдовує застосування цієї технологічної схеми. Порівняльний аналіз двох технологічних схем представлена в табл. 1.1. [3, 4, 5].

Загалом удосконалена схема очистки води, яка активно використовується країнами Європи є більш продуктивною та ефективною, однак її складність та високі початкові витрати є основним недоліком її запровадження в Україні.

Таблиця 1.1.

Аналіз різних технологічних схем очищення питної води

Критерії	Традиційна схема очистки	Удосконалена схема очистки
Ефективність очищення	Висока	Дуже висока, тому що процеси коагуляції, прояснення та знебарвлення поєднанні
Швидкість очищення	Тривалий процес	Швидкий процес
Компактність	Займає багато місця	Компактна
Конструктивна складність	Проста в експлуатації	Складна в експлуатації
Інноваційність процесу	Традиційні методи відстоювання, коагулювання та фільтрування	Сучасні двошарові та двопотокові фільтри, пояснювачі із завислим шаром осаду.
Економічна ефективність	Менші економічні затрати	Високі поточні витрати

Очищенні води загалом проходить три основні етапи. Перший етап направлений на видалення саме механічних домішок та великих предметів, що плавають у воді. Другим етап є фільтрування, що дозволяє видалити завислі частинки різного розміру, що покращує прозорість та органолептичні властивості води. На завершальному етапі відбувається знезараження води, шляхом хлорування (озонування), що дозволяє знищити хвороботворні мікроорганізми та віруси, роблячи воду безпечною для споживання [6, с. 22]. Очищення води є важливим етапом у процесі водопостачання, що спрямований на видалення механічних домішок, органічних та хімічних забруднень, а також шкідливих мікроорганізмів. До основних методів очистки води відносять: механічні, біологічні та хімічні (табл. 1.2.) [5, 6, 7, 8].

У відповідності до таблиці 1.2., можемо висунути припущення, що мембранні технології є більш ефективними та екологічно чистими, що не потребують застосування хімічних реагентів. Проте не зважаючи на їх високу ефективність, мембранні методи потребують постійного технічного обслуговування. Вибір конкретного методу очистки води залежить від якості природної води, її фізико-хімічних та

органолептичних властивостей, а також вимог споживача. Механічні методи забезпечують попереднє очищення, біологічні забезпечують природний розклад органічних речовин, а хімічні методи – знезараження та коригування складу питної води. Для досягнення найкращих результатів варто використовувати комбіновані методи, які включатимуть механічне очищення, біологічну обробку та хімічне знезараження [9, с. 12].

Таблиця 1.2

Методи очистки питної води

Механічні методи очистки – спрямовані на видалення завислих частинок та нерозчинних домішок. <i>Основні переваги:</i> простота та низька вартість у порівнянні з іншими методами; не потребують хімічних реагентів; висока ефективність ку видаленні завислих частинок; можливість автоматизації процесів. <i>Основні недоліки:</i> не здатні видаляти розчинні забруднювачі та шкідливі мікроорганізми; є менш ефективними при видаленні дрібних частинок; вимагають періодичного очищення фільтрів та відстійників.	
<i>Методи</i>	<i>Сутність та механізми</i>
Прояснення води та коагуляція	Видалення завислих домішок шляхом відстоювання води у відстійниках, або за використання гідроциклонів, а також шляхом центрифугуванням, флотацією або фільтрацією. З метою збільшення швидкості осідання завислих домішок у воду додають хімічні речовини – коагулянти. В результаті коагуляції утворюють великі агрегати, на поверхні яких адсорбуються завислі частинки, що швидко осідають під дією сил гравітації.
Фільтрування	Проходження води через спеціальні фільтруючі матеріали, а саме такі як: активоване вугілля, пісок та мікрофільтри.
Відстоювання	Процес осадження важких домішок у спеціальних резервуарах. Даний метод досить ефективний при очищенні води від великих механічних забруднень.
Центрифугування	Метод, що базується на використанні відцентрової сили для розділення води та важких частинок.
Прояснення води та коагуляція	Видалення завислих домішок шляхом відстоювання води у відстійниках, або за використання гідроциклонів, а також шляхом центрифугуванням, флотацією або фільтрацією. З метою збільшення швидкості осідання завислих домішок у воду додають хімічні речовини – коагулянти. В результаті коагуляції утворюють великі агрегати, на поверхні яких адсорбуються завислі частинки, що швидко осідають під дією сил гравітації.
Фільтрування	Проходження води через спеціальні фільтруючі матеріали, а саме такі як: активоване вугілля, пісок та мікрофільтри.

Продовження таблиці 1.2

Відстоювання	Процес осадження важких домішок у спеціальних резервуарах. Даний метод досить ефективний при очищенні води від великих механічних забруднень.
Центрифугування	Метод, що базується на використанні відцентрової сили для розділення води та важких частинок.
Біологічні методи очищення – методи, що базуються на використанні живих організмів, таких як: бактерії, мікробіодорості та гриби, які здатні природнім шляхом розкласти органічні речовини та шкідливі домішки. Біологічні методи (анаеробне та аеробне) використовуються переважно для очищення стічних вод, проте в деяких випадках можна використовувати і для питної води. <i>Основні переваги:</i> ефективні при розкладанні органічних речовин; покращують кисневий баланс води. <i>Основні недоліки:</i> можливе утворення біологічного осаду, що потребує подальшої утилізації; обмежене застосування для питної води; вимагають ретельного контролю за умовами біологічних процесів.	
Біофільтрація	Проходження води через спеціальні фільтри. Біофільтри використовують переважно на первинних етапах очищення (для видалення органічних речовин, нітратів, амонію). Після біофільтрації вода проходить додаткову обробку – знезараження (хлорування, озонування), з метою усунення залишкових бактерій.
Хімічні методи очистки – методи, що передбачають використання хімічних реагентів, які допомагають видалити забруднення та повністю знищити шкідливі мікроорганізми. Основні переваги: висока ефективність у видаленні патогенних мікроорганізмів; висока ефективність видалення розчинних домішок; забезпечують тривалий знезаражувальний ефект. Основні недоліки: утворення шкідливих побічних продуктів; висока вартість деяких методів (озонування); негативний вплив залишкових хімічних речовин на здоров'я людини	
Коагуляція та флокуляція	Методи, що базуються на додаванні спеціальних речовин (коагулянтів), які сприяють злипанню дрібних частинок у більш великі частинки, які потім легше видалити механічними методами. Найпоширеніші коагулянти, які використовують при очищенні питної води: алюміній (III) сульфат; алюміній (III) хлорид та поліалюмінійхлорид, що ефективні при видаленні каламутності та органічних домішок. Також використовують ферум (II) хлорид та ферум (III) сульфат, які добре працюють у воді з низьким рН. Під час очищення утворюється ряд моноядерних аквагідроксокомплексів: $[\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ <i>Загальні механізми утворення аквагідроксокомплексів:</i> $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} = [\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$ $[\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+} = [\text{Me}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{10}]^{4+}$ Загальна схема утворення поліаквагідроксокомплексів $\text{MeOH}^+ \rightarrow \text{Me}_2(\text{OH})_2^{4+} \rightarrow \text{Me}_p(\text{OH})_x^{(3p-x)+} \rightarrow \text{Me}_d(\text{OH})_x^{(3p-x)}$ (золь) → осад, де індекси p та d відносяться до частинок полімеру та золю відповідно. <i>Механізм гідролізу неорганічних коагулянтів:</i> $\text{Me}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Me}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$

Продовження таблиці 1.2

Хлорування	Метод, що передбачає дезінфекцію води шляхом додавання хлору та його сполук. Хлорування сприяє очищенню води від сполук Феруму, Мангану та ряду токсичних речовин. Основні заходи безпечного хлорування: усунення основної маси органічних речовин з води коагулянтами; зменшення концентрації хлору в зоні реакції; скорочення тривалості контакту з вільним хлором. Основні особливості хлору – висока ефективність знезаражувальної дії та можливість консервування обробленої води протягом тривалого часу. <i>Механізм хлорування:</i> $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}$ (HOCl володіє сильними дезінфікуючими властивостями).
Озонування	Метод ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді та утворювати атомарний кисень ($\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$), який потім руйнує хімічні речовини та прибирає неприємний запах. Озонування вважається найефективнішим методом знезараження, проте має ряд лімітуючих технічних факторів: потребує багато електроенергії та використання складних приладів, через те що озон є надзвичайно отруйним газом.
Метод іонного обміну	Метод очищення, який використовують для видалення важких металів, солей жорсткості та інших розчинених речовин шляхом заміни іонів у воді на нешкідливі. <i>Катіонний обмін (видалення йонів Кальцію та Магнію):</i> $2\text{RNa} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{R}_2\text{Ca} + 2\text{Na}^+$ (RNa – іонообмінна смола) <i>Аніонний обмін (видалення нітратів та сульфатів):</i> $\text{RCl} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{RNO}_3 + \text{Cl}^-$
Електрохімічний метод	Метод безпосереднього розчинення у воді препаратів Аргентуму, що дозволяє швидко отримати потрібні концентрації Аргентуму у воді. <i>Хімічний механізм:</i> $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$ Таким чином отримують срібну воду, яка має високі бактерицидні властивості, яку з успіхом використовують для очищення води від шкідливих речовин, дезінфекції та для лікувальних цілей. Завдяки мізерним концентраціям Аргентуму вода є зовсім не шкідливою
Коагуляція та флокуляція	Методи, що базуються на додаванні спеціальних речовин (коагулянтів), які сприяють злипанню дрібних частинок у більш великі частинки, які потім легше видалити механічними методами. Найпоширеніші коагулянти, які використовують при очищенні питної води: алюміній (III) сульфат; алюміній (III) хлорид та поліалюмінійхлорид, що ефективні при видаленні каламутності та органічних домішок. Також використовують ферум (III) хлорид та ферум (III) сульфат, які добре працюють у воді з низьким рН. Під

Продовження таблиці 1.2

	час очищення утворюється ряд моноядерних аквагідроксокомплексів: $[\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ <i>Загальні механізми утворення аквагідроксокомплексів:</i> $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} = [\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$ $[\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+} = [\text{Me}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{10}]^{4+}$ Загальна схема утворення поліаквагідроксокомплексів $\text{MeOH}^+ \rightarrow \text{Me}_2(\text{OH})_2^{4+} \rightarrow \text{Me}_p(\text{OH})_x^{(3p-x)+} \rightarrow \text{Me}_d(\text{OH})_x^{(3p-x)}$ (золь) → осад, де індекси p та d відносяться до частинок полімеру та золю відповідно. <i>Механізм гідролізу неорганічних коагулянтів:</i> $\text{Me}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Me}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$
Хлорування	Метод, що передбачає дезінфекцію води шляхом додавання хлору та його сполук. Хлорування сприяє очищенню води від сполук Феруму, Мангану та ряду токсичних речовин. Основні заходи безпечного хлорування: усунення основної маси органічних речовин з води коагулянтами; зменшення концентрації хлору в зоні реакції; скорочення тривалості контакту з вільним хлором. Основні особливості хлору – висока ефективність знезаражувальної дії та можливість консервування обробленої води протягом тривалого часу. <i>Механізм хлорування:</i> $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}$ (HOCl володіє сильними дезінфікуючими властивостями).
Озонування	Метод ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді та утворювати атомарний кисень ($\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$), який потім руйнує хімічні речовини та прибирає неприємний запах. Озонування вважається найефективнішим методом знезараження, проте має ряд лімітуючих технічних факторів: потребує багато електроенергії та використання складних приладів, через те що озон є надзвичайно отруйним газом.
Метод іонного обміну	Метод очищення, який використовують для видалення важких металів, солей жорсткості та інших розчинених речовин шляхом заміни іонів у воді на нешкідливі. <i>Катіонний обмін (видалення йонів Кальцію та Магнію):</i> $2\text{RNa} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{R}_2\text{Ca} + 2\text{Na}^+ \quad (\text{RNa} - \text{іонообмінна смола})$ <i>Аніонний обмін (видалення нітратів та сульфатів):</i> $\text{RCl} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{RNO}_3 + \text{Cl}^-$
Електрохімічний метод	Метод безпосереднього розчинення у воді препаратів Аргентуму, що дозволяє швидко отримати потрібні концентрації Аргентуму у воді. <i>Хімічний механізм:</i> $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$ Таким чином отримують срібну воду, яка має високі бактерицидні властивості, яку з успіхом використовують для очищення води від шкідливих речовин, дезінфекції та для лікувальних цілей. Завдяки мізерним концентрації Аргентуму вода є зовсім не шкідливою

Продовження таблиці 1.2

Коагуляція та флокуляція	Методи, що базуються на додаванні спеціальних речовин (коагулянтів), які сприяють злипанню дрібних частинок у більш великі частинки, які потім легше видалити механічними методами. Найпоширеніші коагулянти, які використовують при очищенні питної води: алюміній (III) сульфат; алюміній (III) хлорид та поліалюмінійхлорид, що ефективні при видаленні каламутності та органічних домішок. Також використовують ферум (III) хлорид та ферум (III) сульфат, які добре працюють у воді з низьким рН. Під час очищення утворюється ряд моноядерних аквагідроксокомплексів: $[\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ <i>Загальні механізми утворення аквагідроксокомплексів:</i> $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} = [\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$ $[\text{Me}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+} = [\text{Me}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{10}]^{4+}$ Загальна схема утворення поліаквагідроксокомплексів $\text{MeOH}^+ \rightarrow \text{Me}_2(\text{OH})_2^{4+} \rightarrow \text{Me}_p(\text{OH})_x^{(3p-x)+} \rightarrow \text{Me}_d(\text{OH})_x^{(3p-x)}$ (золь) → осад, де індекси p та d відносяться до частинок полімеру та золю відповідно. <i>Механізм гідролізу неорганічних коагулянтів:</i> $\text{Me}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Me}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$
Хлорування	Метод, що передбачає дезінфекцію води шляхом додавання хлору та його сполук. Хлорування сприяє очищенню води від сполук Феруму, Мангану та ряду токсичних речовин. Основні заходи безпечного хлорування: усунення основної маси органічних речовин з води коагулянтами; зменшення концентрації хлору в зоні реакції; скорочення тривалості контакту з вільним хлором. Основні особливості хлору – висока ефективність знезаражувальної дії та можливість консервування обробленої води протягом тривалого часу. <i>Механізм хлорування:</i> $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}$ (HOCl володіє сильними дезінфікуючими властивостями).
Озонування	Метод ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді та утворювати атомарний кисень ($\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$), який потім руйнує хімічні речовини та прибирає неприємний запах. Озонування вважається найефективнішим методом знезараження, проте має ряд лімітуючих технічних факторів: потребує багато електроенергії та використання складних приладів, через те що озон є надзвичайно отруйним газом.
Метод іонного обміну	Метод очищення, який використовують для видалення важких металів, солей жорсткості та інших розчинених речовин шляхом заміни іонів у воді на нешкідливі. <i>Катіонний обмін (видалення йонів Кальцію та Магнію):</i> $2\text{RNa} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{R}_2\text{Ca} + 2\text{Na}^+ \quad (\text{RNa} - \text{іонообмінна смола})$ <i>Аніонний обмін (видалення нітратів та сульфатів):</i> $\text{RCl} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{RNO}_3 + \text{Cl}^-$

Електрохімічний метод	Метод безпосереднього розчинення у воді препаратів Аргентуму, що дозволяє швидко отримати потрібні концентрації Аргентуму у воді. <i>Хімічний механізм:</i> $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$ Таким чином отримують срібну воду, яка має високі бактерицидні властивості, яку з успіхом використовують для очищення води від шкідливих речовин, дезінфекції та для лікувальних цілей. Завдяки мізерним концентраціям Аргентуму вода є зовсім не шкідливою
Мембранні методи – вважаються одними з найсучасніших технологій, які широко застосовуються у водопідготовці. Такі методи забезпечують високу якість очищення, дозволяють видаляти механічні, органічні та мікробіологічні забруднення, а також видають розчинені солі. <i>Основні переваги:</i> висока якість очищення; не потребують хімічних речовин; компактність та автоматизованість процесу; енергоефективність. <i>Основні недоліки:</i> висока вартість обладнання; високі втрати води; чутливість до забруднення.	
Мікрофільтрація	Метод, що базується на видаленні частинок розміром від 0,1-1 мкм (бактерії, спори та мікроорганізми). Мембрани виготовлені з пористих полімерних матеріалів, що мають великі пори.
Ультрафільтрація	Використовують для очищення води від бактерій та вірусів без хімікатів, білків та колоїдних речовин. Мембрани: дрібнопористі, що не пропускають макромолекули.
Нанофільтрація	Використовують з метою пом'якшення води, видалення органічних речовин та видалення важких металів розмір який становить від 0,001-0,01 мкм. Мембрани: напівпроникні з дуже малими порами.
Зворотній осмос	Використовують для опріснення води з природних джерел, очищенні питної води. Добре очищає воду від: розчинних солей, бактерій, вірусів та органічних забруднювачів. Мембрани: дуже щільні, що пропускають лише молекули води.

Отже, сучасні методи є більш ефективними та безпечними. Поєднання сучасних методів очистки з традиційною технологічною схемою дозволить отримати якісну та безпечну питну воду, що є ключовим завданням у збереженні екологічної безпеки держави.

1.2. Законодавчі та нормативні акти щодо контролю якості питної води в Україні та країнах Європи

Забезпечення населення якісною питною водою є одним із головних задач державної політики України, особливо в умовах війни, яку Росія розпочала у 2014 році, а з 24 лютого 2022 року значно розширила кордони бойових зіткнень. Війна негативно вплинула на функціонування систем з водопостачання та водоочищення у багатьох регіонах, що призвело до обмеженого доступу населення до безпечної води. Найбільш критичною залишається ситуацію на півдні та сході країни, де фіксуються значні руйнування критичної інфраструктури.

Відсутність стабільного водопостачання призвело до порушення санітарних норм, що спричинило поширення воднообумовлених інфекцій та інших небезпечних захворювань. Саме тому на час війни МОЗ запроваджено Наказ № 683 «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях», який містить дещо завищені показники токсичності та органолептичні показники ніж у стандартному нормативному документу (ДСанПН 2.2.4.-171-10), що негативно відобразитися на якості життя населення [10, с. 272].

Угода між Україною та країнами Європи передбачає дотримання основних 6 Директив, щодо якості води та механізмів управління водними ресурсами. Основною метою цих Директив розробка сучасних інноваційних підходів до покращення якості питної води. Основні принципи такої політики прописані в українському та європейському водному законодавстві, що представлені у таблиці 1.3 [9, 11, 12, 14]. Тобто впровадження європейських стандартів якості питної води, модернізація водної інфраструктури та посилення контролю за якістю води мають стати пріоритетними завданнями для України, як у короткостроковій, так і довгостроковій перспективі.

Таблиця 1.3.

**Основні нормативні документи в українському та
європейському законодавстві**

Українське законодавство	Європейське законодавство
-Водний Кодекс України (згідно з Постановою ВРУ від 06.07.95 № 214/95-ВР); - Загальнодержавна програма «Питна вода України на період 2006-2020 років» (від 03.03.2015 № 2455-IV); - Державні санітарні норми та правила (ДСанПН 2.2.4.-171.10); - Закон України «Про питну воду, водопостачання та водовідведення» від 18.05.2017 №2047-VIII); - Наказ МОЗ № 683 «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях»; - Наказ МОЗ № 721 «Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарського-побутових та інших потреб»	-Директива ЄС 2020-2184 від 16.12.2020 «Про якість води, призначеної для споживання людиною»; - Директива (75/440) «Про вимоги до якості поверхневих вод, що призначенні для забору питної води». - Директива ЄС (2000/60) «Про встановлення рамок діяльності Співробітництва у галузі водної політики»; - Директива ЄС 91-676 «Про захист води від забруднення нітратами із сільськогосподарських джерел»

Основні європейські стандарти [14, с. 119]:

- Більш жорсткі вимоги до мікробіологічних показників (у документах присутні граничні концентрації для кишкової палички та ентерококів.
- Особливий контроль за вмістом певної групи хімічних речовин (свинець, пестициди, нітрати, мікропластик);
- Контроль за ендокринними руйнівниками, фармацевтичними залишками та іншими шкідливими речовинами;
- Прозорість отриманої інформації з питання якості питної води, що надає можливість населенню самостійно ознайомитися з даними.

Нажаль на сьогодні в українському законодавстві відсутні чіткі межі щодо здійснення якості питної води, що призводить до підміни

критерії безпеки. Додаткову загрозу становлять небезпечні методи очищення, які активно використовують в Україні (хлорування, ультрафіолетове опромінення), що є неефективними при боротьбі з багатьма токсичними речовинами та підвищеній каламутності води.

В Україні єдиним обов'язковим до виконання галузевим документом вважається ДСанПІН 2.2.4.-171-10, тоді як у ЄС критерії безпеки безпосередньо містяться у Директиві про питну воду, що робить їх обов'язковими до виконання. Також варто зазначити, що українське законодавство охоплює значно меншу кількість показників у порівнянні із нормативами ЄС, що вимагає подальшої адаптації до європейських стандартів [15, с. 239].

На основі здійснено аналізу виділені спільні та відмінні риси в українському та європейському законодавстві (табл. 1.4.) [15, 16]

Таблиця 1.4.

**Спільні та відмінні риси у європейському та українському
законодавстві**

Спільні риси	Відмінні риси
1. Встановлення гранично допустимих концентрацій для хімічних та мікробіологічних забруднень; 2. Обов'язковий моніторинг та контроль за якістю води; 3. Вимоги до систем з водопостачання; 4. Гігієнічні та санітарні норми; 5. Впровадження системи управління ризиками (оцінка потенційних загроз); 6. Облік природніх умов та антропогенних факторів.	1. Жорсткість нормативів у ЄС; 2. Контроль за новими типами забруднень у країнах ЄС, тоді як в Україні вони не входять до переліку обов'язкових; 3. Прозорість інформації у країнах ЄС; 4. У ЄС застосовують нові та екологічні технології очищення (мембранні методи), тоді як в Україні домінує хлорування. 5. Кількість контрольованих показників (у Директиві ЄС їх значно більше ніж у нормативних документах України); 6. Європейські норми містять жорсткі вимоги щодо органолептичних характеристик питної води. 7. Відповідальність за якість води (контроль за якістю води в країнах Європи здійснюється на всіх етапах, тоді як в Україні лише при подачі води в саму систему водопостачання).

Концентрації хімічних речовин, які регламентуються в нормативних документах України та документах ЄС є дещо різними

(табл. 1.5.) [17, 18, 19], що дозволяє говорити про вищі вимоги до сучасних методів очистки води та визначені ряду санітарно-токсичних та органолептичних показників якості води.

Таблиця 1.5

Порівняльний аналіз основних нормативних документів в українському та європейському законодавстві

Показник	(ДСанПІН 2.2.4.- 171-10)	(ДСанПІН 683-22) (Військовий стан)	Директива ЄС (2020/2184)
Санітарно-токсичні показники			
Бор (мг/л)	0,5	2,40	1,5
Кадмій (мг/л)	0,001	0,005	0,005
Хром (мг/л)	0,05	0,05	0,025
Мідь (мг/л)	1,0	2,0	2,0
Нітриди (мг/л)	0,5	0,5	0,5
Ртуть (мг/л)	0,001	0,001	0,001
Хлорити (мг/л)	-	0,7	0,25
Хлорати(мг/л)	0,2	0,7	0,25
Бензол(мг/л)	0,01	0,001	0,001
Бензапирен (мкг/л)	0,005	0,01	0,001
Органолептичні показники			
Запах при тем. 20°C	3 бали	<2 бали	Без запаху
Каламутність	< 3,5 НОК	< 3,5 НОК	< 1,0 НОК
Смак та присмак	3 бали	2 бали	Не специфічний
Фізико-хімічні показники			
Загальне залізо	<1000 мг/л	< 1500 мг/л	< 200 мг/л
Сухий залишок	1,0 мг/л	1,0 мг/л	-
Перманганатна окиснюваність	< 5 мг/л	Без аномальних змін	< 5 мг/л
Хімічне споживання кисню	-	Без аномальних змін	-

У відповідності до табл. 1.5. бачимо, що у документі (ДСанПІН № 683-22) допустимі значення бору, хрому, хлоратів, хлоритів та бензапирену значно перевищують нормативи, що встановлені у стандартному нормативному документі так і у нормативі Директиву ЄС (2020/2184), що дозволяє говорити про ризики, які пов'язані зі здоров'я населення країни. Даний аналіз підтверджує потребу в адаптації

українського водного законодавства до європейських стандартів, з метою забезпечення населення безпечною водою [19].

Відповідно до угоди укладеною між Україною та ЄС наша держава продовжує впроваджувати основні вимоги Директиву 2020-2184, що передбачає здійснення наступних кроків [20]:

- Посилення систем контролю за якістю питної води та вмістом у ній шкідливих речовин;
- Впровадженні сучасних методів очистки та моніторингу;
- Підвищенні прозорості даних, щодо якості питної води для громадян країни.

Слід зазначити, що європейське законодавство постійно оновлюється, відповідно до цього українська законодавча система намагається адаптуватися, проте наша система очистки води занадто стара, яка зовсім не відповідає встановленим європейським критеріям безпеки. Саме тому наше законодавство потребує поліпшення та впровадженні інноваційних підходів та методів очистки води, що дозволять значно підвищити якість та безпечність питної води в Україні.

1.3. Сучасні методи контролю якості питної води в Україні

В Україні існує система контролю якості води, яка безпосередньо базується на державних та санітарних нормах, а також даних проведених державними та приватними лабораторіями. Важливу роль у контролі за якістю питної води в Україні відіграє державна система моніторингу водних ресурсів, яку координує Міндовкілля України, а також відповідні органи санітарного огляду на обласному та районному нагляді.

У процесі здійснення моніторингу та контролю за якістю води використовуються такі основні документи, як [21, с. 117] нормативний документ санітарних норм якості питної води (ДСанПІН 2.2.4.-171-10) та

Директива ЄС 2020/2184 (європейські стандарти щодо якості питної води).

Контроль питної води в нашій державі є критично необхідним фактором, що відповідає за збереження здоров'я населення та охорону навколишнього середовища. Вимоги до якості питної води в Україні представлені у Додатку А. Нижче зазначимо основні вимоги до питної води [22, с. 28]:

1. Питна вода повинна бути безпечною з епідеміологічного погляду, тобто у воді повинні бути відсутні хвороботворні мікроорганізми, паразити та яйця гельмінтів.

2. Питна вода повинна мати нешкідливий хімічний склад, що забезпечується контролем за концентрацією токсичних речовин. Ось деякі показники та їх нормативи: алюміній (« $< 0,2$ мг/дм³»); «барій $< 0,1$ мг/дм³»); арсен / селен (« $< 0,1$ мг/дм³»); нітрати (« $< 0,45$ мг/дм³»), флуор (« $< 1,5$ мг/дм³»); пестициди (« $< 0,0001$ мг/дм³»). У воді повинні повністю бути відсутні такі компоненти як: кадмій, меркурій, ціаніди, бензпірен тощо).

3. Питна вода повинна володіти певними фізико-хімічними характеристиками, що забезпечують її фізіологічну цінність для організму. А саме: мінералізація (значення: « $100-1000$ мг/дм³»); твердість води (значення: « $1,5-7,0$ мг-екв/дм³»); лужність загальна (значення « $0,6-6,5$ мг-екв/дм³»); магній (значення « $>10<80$ мг/дм³»).

4. Радіаційна безпека питної води. Питна вода повинна відповідати наступним вимогам: альфа-випромінення (значення « $< 0,1$ Бк/дм³»); бета-випромінення (значення « $< 1,0$ Бк/дм³»);

5. Органолептичні властивості мають бути сприятливими: запах (відсутній); каламутність (не більше ніж 3,5 НОК); смак та присмак (не повинні бути неприємними).

У відповідності до заявлених вимог здійснюють контроль за якістю питною води. На сьогодні існує ряд сучасних методів, які дозволять ефективно оцінювати різні санітарно-токсичні, фізико-хімічні та

органолептичні показники води. Це лабораторний метод та інструментальний, які гарантують надійність отриманих результатів.

Лабораторні методи контролю якості питної води дозволяють точно встановити концентрації різноманітних хімічних речовин та мікроорганізмів у воді. До основних методів контролю відносять [23, с. 10]:

- хроматографія – метод для контролю органічних забруднювачів (пестицидів, фенолів, бензолу тощо), а також оцінки вмісту токсичних металів. Це кількісний метод визначення складу води
- спектрофотометрія – метод для визначення концентрації тих сполук, які можуть поглинати або випромінювати світло. Метод для контролю вмісту сульфатів, нітратів, хлоридів.
- іонометрія – метод для визначення рівня рН та жорсткості води, а також для контролю вмісту різних металів.
- мікробіологічні методи, що базуються на використанні спеціальних культивованих мікроорганізмів для визначення їх присутності у воді.

Поряд з лабораторними методами використовують так звані інструментальні методи, що більш ефективними та автоматизованими, які дозволяють отримати результати у реальному часі. До таких методів відносять [24, с. 19]:

- потенціометрія – автоматизований метод, що дозволяє визначати рН води та активність іонів водню (металів);
- флуоресцентний метод – метод для контролю вмісту органічних забруднювачів, таких як пестициди або нафтові продукти.
- атомно-абсорбційна спектроскопія – метод для контролю за вмістом металів у воді, таких як кадмій, мідь та свинець. Даний метод дозволяє виявити навіть мінімальні концентрації забруднювачів.
- інфрачервона спектроскопія – для виявлення органічних речовин у питній воді.

Контроль за якістю питної води в Україні проводиться низкою органів та служб, зокрема: МОЗ, Державна екологічна інспекція, Держпродспоживслужба, а також органами місцевого самоврядування та комунальними підприємствами. Всі ці органи працюють над забезпеченням населення якісною та безпечною питною водою. Поряд з цим для забезпечення постійного контролю за якістю питної води в Україні впроваджують так звані «системи безперервного моніторингу», які складаються із автоматичних датчиків, що встановлені на водозаборах, таким чином здійснюється моніторинг якості води у реальному часі. Параметри які досліджуються: температура води, її провідність; кисневий потенціал; рН; нітрати, фосфати, сульфати та інші хімічні сполуки. Незважаючи на наявність сучасних методів контролю якості питної води в Україні, проблема залишається актуальною через наступні проблеми [25, с. 150]:

- Застаріла інфраструктура водопостачання та водовідведення;
- недостатність матеріальних ресурсів для підтримки рівня контролю на всіх етапах водопостачання.

Саме тому потрібно продовжувати розвиток автоматизованих систем моніторингу та інвестувати кошти у модернізацію водної інфраструктури, поряд з цим обов'язково варто впроваджувати сучасні технології очищення води.

Отже, можна зробити висновок, що сучасні методи контролю якості питної води в Україні базуються на комплексному підході, який поєднує у собі традиційні лабораторні методи та нові (автоматизовані) методи, які забезпечують достойний рівень стандартів безпеки питної води для населення України.

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ

2.1. Оцінка стану водопостачання та водоочищення в Україні у довоєнний та воєнний періоди

Однією з основних проблем, які стали очевидними під час моніторингу водних об'єктів в Україні, є значні відмінності між українськими та європейськими стандартами. Зокрема, в Україні досі активно використовують метод хлорування для очищення, тоді як в країнах Європи від нього відмовилися через потенційну загрозу для здоров'я людини. Також в Україні значно підвищені норми вмісту солей кальцію, магнію, сульфатів та заліза, які майже у 4 рази перевищують європейські стандарти.

Щодо проблеми якості води в річках України, то це - серйозні проблеми із забрудненням. Вода, яка використовується для господарського-побутових цілей не відповідає стандартам чистоти. Найвищий ступінь забруднення води у довоєнний період фіксувався саме на південному сході України, а саме: м. Дніпро, м. Запоріжжя та вся область, м. Миколаїв та область, а також Одеська область. До регіонів з чистою питною водою відносять: Волинська, Тернопільська, Рівненська, Полтавська, Чернігівська. Для більшості регіонів України, як у довоєнний та і у воєнний період характерні такі проблеми як: антропогенне забруднення водних об'єктів та надлишкове хлорування питної води [27].

Щодо найбільшої річки України – річки Дніпро, то у ній у довоєнний період фіксувався статус «помірно забруднена», після 2022 року зафіксовано статус «високе забруднення». Найбільш забрудненими ділянками річки є території після стоку Бортницької станції аерації, а також води біля промислових центрів: Запоріжжя (р. Дніпро), Кривий Ріг

(р. Інгулець). У табл. 2.1. [28, 29, 30] (Додаток В) представлені частки нестандартних проб водопровідної, артезіанської та криничної води по найбільш поширеним показникам в областях України, %.

Контроль за показниками якості води здійснюється у відповідності до Програми державного моніторингу, яка затверджена Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Дана програма передбачала вимірювання якості води у 583 пунктах моніторингу, з них 95 пунктів призначенні для забору води, що використовуються для питних потреб населення. Методика відбору та підготовки до аналізу проб питної води представлена у додатку Б. У відповідності до цілей програми передбачено здійснення діагностичного та операційного моніторингу поверхневих вод, які дозволяють отримати важливі дані щодо якості води та вжити вчасно необхідні заходи для її покращення. Проте з початком російсько-української війни ситуація з моніторингу значно погіршилася. Більше половини пунктів моніторингу опинилися на територіях, доступ до яких ускладнено через активні бойові дії. Найбільш критичним періодом у здійсненні державного моніторингу за якістю води зафіксовано саме у березні 2022 року, коли було відібрано лише 35 % з усіх запланованих проб (рис. 2.1.). [29]

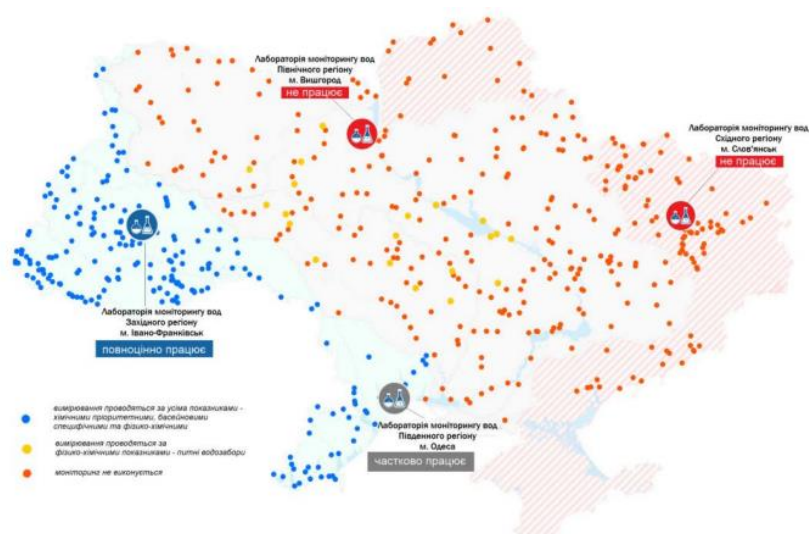


Рис. 2.1. Карта здійснення моніторингу за якістю питної води станом на 2022 рік (весна 2022 року)

Аналіз показників якості води в Україні станом на початок 2022 року вказував на серйозні проблеми, як у водопровідній воді, так і в артезіанській воді, що потребували та потребують негайного вирішення. У відповідності до табл. 2.1. високі показники мутності та кольоровості відзначені в Чернігівській та Житомирській областях, що свідчить про недостатній рівень очистки води та можливі технічні проблеми на водопідготовчих станціях. Досить високі вмісти заліза, мангану зафіксовані у Вінницькій, Черкаській та Житомирській областях. Підвищення цих показників негативно впливає на здоров'я населення країни.

Показник підвищеної мінералізації зафіксовано у Полтавській та Кіровоградській областях, що є досить серйозною проблемою, що робить її непридатною для споживання та вимагає додаткової очистки. Загалом у довоєнний період фіксувалися високі рівні забруднення питної води манганом, нітратами, залізом, що потребували покращення технології очищення води та посилення контролю за її якістю на всіх етапах водопостачання. Це зумовлено рядом проблем: застаріле обладнання; технічні проблеми та забруднення водонесних станцій; старі та неефективні технологічні схеми очищення питної води (табл. 2.2.) [31, 32, 33, 34]

Таблиця 2.2

Технології очистки питної води в Україні

Назва методу	Основні реагенти	Частота використання (%)	Регіони
Преамонізація	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	100	Всі регіони країни
Первинне хлорування	NaClO	15	Київ, Харків, Одеса, Дніпро, Запоріжжя, Миколаїв
	Cl_2 (рідкий)	85	
Коагуляція	$\text{Al}(\text{OH})_3\text{Cl}$ Pro-AQUA "TM"	67	Львів, Тернопіль, Івано-Франківськ, Київ, Харків
	$\text{Al}(\text{OH})_3\text{Cl}$ «ПОЛБАК» ТМ	17	
Флокуляція	флокулянт «EXTRAFLOCK»	33	Запоріжжя, Дніпро, Харків

Продовження таблиці 2.2

Вторинне хлорування	NaClO	16	Київ, Харків, Дніпро, Одеса
	Cl ₂ (рідкий)	84	

У відповідності до табл. 2.2. зафіксовані регіональні відмінності, щодо використання різних методів обробки води, вибір яких зумовлений різним ступенем забруднення води, екологічними та технологічними вимогами. Відмітимо, що центральні та південні регіони країни (Одеська, Дніпропетровська, Миколаївська, Запорізька області) застосовують переважно рідкий хлор та амоній сульфат через високий рівень забруднення металами та органічними сполуками. У східних та південно-східних областях здебільшого використовують алюміній сульфат, натрій гіпохлорит. Західні регіони країни орієнтуються на більш сучасні технології очистки, а саме використання високоефективних та екологічних реагентів, зокрема мова йде про алюміній гідроксихлорид. Місто Київ та великі міста використовують комплексний підхід, що включає як традиційні методи обробки так і більш сучасні, що дозволяють досягнути високих стандартів очищення води.

Нижче зазначимо у відсотковому вигляді значення невідповідності основних санітарно-хімічних та бактеріологічних показників по регіонах країни (топ-8 областей, що не відповідають чинним нормативам) (рис. 2.2.) [33, с. 90]

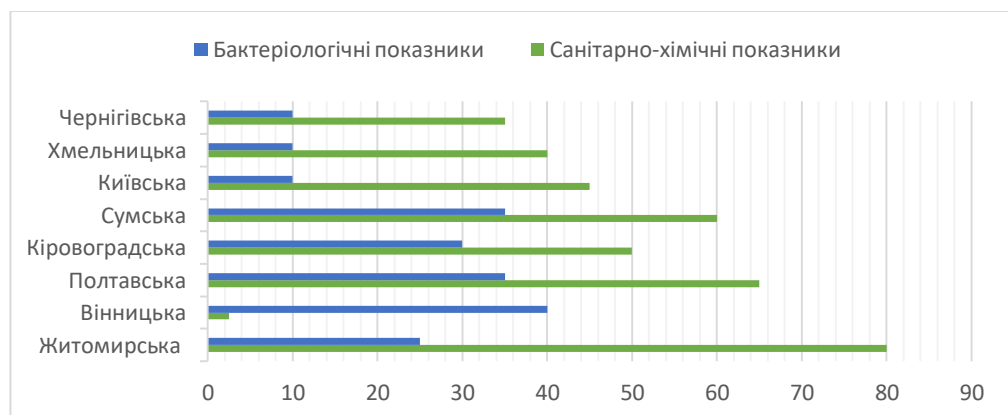


Рис. 2.2. Відсоткові значення невідповідності основних показників чинним нормативам (станом початок 2022 року)

У довоєнний період як бачимо фіксувалися значні проблеми у відповідності показників нормам, що вказували на значні проблеми з водоочищенням. Санітарно-хімічні показники не відповідали нормам у Житомирській, Вінницькій, Полтавській та Кіровоградській області. Бактеріологічне забруднення зафіксоване у Вінницькій, Полтавській, Сумській областях, що свідчить про можливі проблеми з дезінфекцією. Високі показники забруднення вказували на необхідність покращення технологій очищення та контролю за якістю води.

До існуючих проблем (застаріла інфраструктура, забруднення джерел води, зниження якості води, нестача реагентів та недостатнє державне фінансування) у довоєнний період додалися проблеми, що пов'язані з початком війни, а саме: масштабні руйнування критичної інфраструктури, зокрема водопровідних мереж та очисних споруд. Це спричинило значні труднощі у забезпеченні населення якісною та безпечною водою. Крім того проблеми з електроенергією унеможлиблює нормальне функціонування систем з водопостачання. Поряд з цим варто зазначити, що відбулася втрата до водних джерел на окупованих територіях, відсутність там фахівців та документації щодо якості води, що значно ускладнило ситуацію. Війна значно посилили і без того складну проблему забезпечення якісною питною водою населення України [34, с. 220].

У табл. 2.3. [34, 35, 36] представлені ті регіони країни та показники, які перевищують нормативні показники якості водопровідної води у довоєнний та воєнний періоди (у відповідності до нормативного документу «ДСанПН 2.2.4.-171-10» та спеціального документу «ДСанПН № 683-22»).

Таблиця 2.3

Аналіз індикаторних показників водопровідної води в Україні під час війни

Область	Показники						
	Перманганатна окиснюваність (мг O ₂ /дм ³)	Мутність мг/дм ³	Колір (градуси)	Твердість	Залізо	Марганець	Нітрати
ДСанПІН2.2.4.-17110	5	0,58	20	7	0,2	0,05	50
ДСанПІН № 683-22	5	2,03	35	10	1	0,5	50
Житомирська	7,4	2,7	23	6,8	0,78	0,05	8
Київська	1,9	2,7	15	4,7	0,68	0,05	6
Кіровоградська	7,6	2,7	33	5,3	0,37	0,01	8
Черкаська	1,1	2,7	10	7,3	0,64	0,04	10
Запорізька	7,8	0,7	41	3,6	0,21	0,05	5
Миколаївська	4,1	2,0	22	8,1	0,67	0,07	12
Дніпропетровська	8,7	1,4	42	5,5	0,28	0,02	7
Полтавська	2,1	0,8	28	3,8	0,10	0,01	23
Сумська	0,7	2,6	8	4,8	0,48	0,05	9
Харківська	2,7	1,2	15	7,5	0,35	0,02	13
Закарпатська	0,9	3,5	5	2,6	1,24	0,40	12
Рівненська	2,7	1,5	29	3,9	0,35	0,01	13

Також нижче систематизовано та представлені середні значення індикаторних показників якості питної води по найбільшим містам України за два періоди довоєнний (показники 2021 року) та воєнний період (показники 2024 року), а саме: мутність, кольоровість, залізо та окиснюваність. Дані представлені у таблиці 2.4. [35, 36].

Таблиця 2.4

**Аналіз індикаторних показників питної води по найбільшим містам
України**

Област	Окислюваність Мг/л	Мутність мг/дм ³	Кольоровість (градуси)	Залізо
ДСанПН2.2.4.-17110	5	0,58	20	0,2
ДСанПН № 683-22	5	2,03	35	1
Київ (2021)	4,3	0,79	23,9	0,20
Київ (2024)	6,2	0,85	40,6	0,25
Харків (2021)	5,6	1,41	18,4	0,29
Харків (2024)	3,7	2,09	21,8	0,22
Дніпро (2021)	6,6	1,01	20,4	0,14
Дніпро (2024)	9,3	1,31	45,6	0,24
Миколаїв (2021)	5,5	0,35	14,9	0,01
Миколаїв (2024)	6,5	3,36	33,2	1,10
Кропивницький (2021)	3,8	0,43	14,7	0,09
Кропивницький (2024)	7,6	1,20	32,5	0,37
Запоріжжя (2021)	5,1	0,70	16,2	0,04
Запоріжжя (2024)	5,6	1,0	41,0	0,05
Житомир (2021)	6,2	2,5	19,3	0,62
Житомир (2024)	8,1	2,7	23,0	0,72

У відповідності до табл. 2.3.-2.4. можемо зробити висновок, про те, що війна негативно вплинула на якість питної води. У західних областях основними забруднювачами є: залізо, солі жорсткості, мутність. У Закарпатській області зафіксовано високий показник марганцю. Поряд з цим ситуація в Тернопільській та Волинській областях погіршилася у 2024 році. У центральних регіонах країни (Кіровоградська, Вінницька область) спостерігаються перевищення за перманганатною окиснюваністю та кольоровістю. На півдні країни в Одеській області відмічають найкращу за якістю воду, у Миколаївській області після відновлення водогонів ситуація значно покращилася, проте є свої

проблеми, те саме стосується Херсонської області (правого берега Дніпра). Порівнюючи наявність у воді заліза та марганцю, то у зоні ризику опиняються такі регіони як: Дніпропетровська, Запорізька та Харківська обл.). Підвищений вміст заліза зафіксовано у Житомирській області. Найчистішими водними запасами володіють такі регіони як: Тернопільська, Волинська, Хмельницька, Чернівецька, Івано-Франківська обл.).

Отже з початком війни ситуація з якісною та безпечною водою погіршилася, тому що: значна частина інфраструктури зруйнована, а також повністю призупинено контроль з боку держави у прифронтових та на тимчасово окупованих територіях. Окрім зруйнованої інфраструктури війна спричинила нові загрози для якості води. Вибухи, витіки нафтопродуктів та хімічні речовини призвели до забруднення водних об'єктів. Тобто, якщо до війни основні проблеми із забрудненням були пов'язані з вмістом металів, то зараз ситуація значно ускладнилася неконтрольованими викидами шкідливих речовин, що безпосередньо загрожують здоров'ю населення [37, с. 65].

Загалом, війна створили нові виклики, які потребують негайного вирішення. Відновлення інфраструктури, модернізація технологічних схем очищення та посилення моніторингу повинні стати ключовими кроками у забезпеченні безпечного та стабільного водопостачання у майбутньому.

2.2. Особливості впливу війни на якість питної води: проблеми та виклики

Населення України потрапило у складний період свого існування, адже агресія РФ руйнує не лише житлову чи військову інфраструктуру, але поряд з тим завдає непоправної шкоди водним ресурсам при цьому повністю руйнує їх інфраструктуру, захоплює водні об'єкти та

знешкоджує промисловість. Також варто відмітити, що будь-яка військова активність завдає шкоди не лише населенню країни, але й загострює та формує нові загрози для навколишнього середовища [38, с. 55]. На рис. 2.3. [39, с. 77] схематично зображено основні ризики та наслідки внаслідок активних бойових дій (руйнування очисних споруд та дамб; збройне захоплення водних об'єктів; мінування водних об'єктів та підриг нафтобаз.

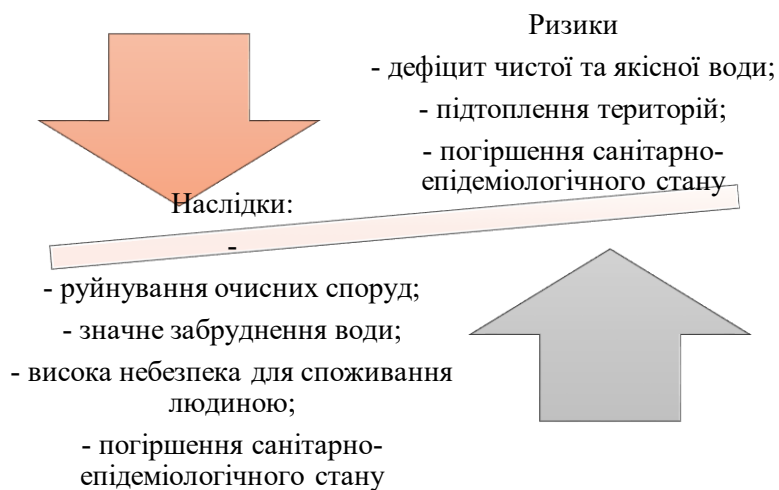


Рис. 2.3. Наслідки та ризики внаслідок введення активних бойових дій

Військові дії такі як (рис. 2.4.) [40]: захоплення водної інфраструктури (на прикладі захоплення Північно-Кримського каналу) спричиняють виникнення ризику дефіциту води; руйнування дамб та очисних споруд (підриг окупантами Каховської ГЕС), що спричинило значні підтоплення територій та загибель водної біоти, що призвело до страшних екологічних наслідків та забруднення води; мінування (замінування прибережних зон Чорного моря), що сприяє виникнення небезпеки для населення та забруднення водної екосистеми.



Рис. 2.4. Військові дії на території України в умовах повномасштабного вторгнення

У таблиці 2.5. [40, 41, 42] більш детально представлено основні ризики та наслідки для водних об'єктів, що спричиненні внаслідок російської агресії. Водночас варто пам'ятати, що стабільне функціонування держави можливе за умов гармонійного та повноцінного розвитку усіх складових довкілля та суспільства загалом. Тому збереження й охорона природних ресурсів на сьогодні набуває особливої актуальності. Ця проблема є актуальною та потребує від науковців розробки нових способів знешкодження забруднень у водних об'єктах. Базуючись на вище викладеному матеріалів, нижче представлені основні воєнні наслідки та ризики, що негативно вплинули на стан водних ресурсів в Україні.

Варто відзначити, що війна негативно вплинула на всі сфери життя населення країни, зокрема і на якість питної води. Руйнування інфраструктури, забруднення джерел водопостачання, екологічні катастрофи та обмежений доступ до безпечної води створюють численні виклики. Більш детально розглянемо ключові проблеми та виклики, що негативно позначаються на якості питної води.

Таблиця 2.5

**Основні наслідки та ризики для водних ресурсів України внаслідок
військової агресії**

Військові дії	Наслідки	Ризики
Руйнування очисних споруд, дамб: - руйнування Ірпінської дамби ; - руйнування насосної станції м. Васильків (Київська область); - руйнування каналізаційної очисної станції на Запоріжжі; - руйнування Каховської ГЕС	- надходження зворотних вод без будь-якого очищення; - відсутність доступу до безпечної та якісної води; - погіршення санітарно-епідеміологічного стану;	- забруднення ґрунтових, підземних та природних вод; - підтоплення територій; - цвітіння води та збільшення вмісту небезпечних речовин у ній; - збільшення інфекційних захворювань
Обстріли підприємств та нафтобаз України	- надходження до водних об'єктів оксидів сірки, азоту та інших небезпечних речовин; - погіршення санітарно-епідеміологічного стану.	- Сильне забруднення водних об'єктів небезпечними речовинами внаслідок накопичувального ефекту.
Мінування водних об'єктів: - руйнування Дніпровського лиману	- загибель водної біоти; - погіршення санітарних та рекреаційних умов.	- Масова загибель флори та фауни; - Небезпека для життя та здоров'я населення країни.
Захоплення об'єктів водопостачання	- Збільшення дефіциту води	- Погіршення якості води для господарського-побутових потреб населення країни; - погіршення епідеміологічного стану.

Руйнування водної інфраструктури – є однією із найсерйозніших наслідків військових дій , що завдало шкоди (або повного руйнування) водопровідних мереж, насосних станцій та очисних споруд. Постійні обстріли привели до:

- перебоїв у постачанні води населенню;

- попадання ґрунтових та стічних вод у водопровідні системи через їх негерметичність;
- неможливість проведення ремонтних робіт через загрозу постійних обстрілів (або окупацію територій країни) [41].

Згідно із попередніми оцінками, наслідки для водопровідної та каналізаційної інфраструктури виглядає наступним чином (станом на кінець 2024 року) [40]:

Таблиця 2.6

**Наслідки для водопровідної та каналізаційної інфраструктури
України**

Об'єкт	Кількість пошкоджених / зруйнованих
Водопровідні мережі	>1046 пог. км.
Водопровідні очисні споруди	12
Водопровідні насосні станції:	91
-Харківська область	52
-Донецька область	13
- Луганська область	11
- Миколаївська область	15
Свердловини	40
Лабораторії з аналізу якості питної води	3
Каналізаційні мережі	> 327 пог.км
Каналізаційні насосні станції	70
Каналізаційні очисні споруди	24
Забруднені джерела водопостачання	>150
Випадки забруднення води хімікатами	45
Випадки бактеріального забруднення	38

2. Забруднення джерел водопостачання, таких як: річки, озера, підземні водоносні горизонти. Основні наслідки:

- витік хімічних речовин та токсичних відходів після руйнування промислових об'єктів;

- попадання у воду важких металів та вибухових речовин;
- неконтрольоване поховання відходів, що спричиняють поширення інфекцій та бактерій у воді.
- погіршення санітарно-епідеміологічної ситуації, що створює умови для поширення небезпечних інфекцій [41].

В умовах війни та після її завершення відновлення системи водопостачання будуть стикатися з багатьма труднощами:

- високі витрати на відновлення водопровідних систем та очисних споруд;
- потреба у міжнародній підтримці та фінансуванні;
- необхідності впровадження нових технологій очищення води для усунення забруднень [42, с. 212].

Отже, війна завдає масштабної шкоди системам водопостачання, при цьому спричиняючи численні руйнування інфраструктури, що безпосередньо впливає на погіршення санітарно-епідемічної ситуації. Відмітимо, що втрата доступу до безпечної води створює загрозу для здоров'я населення, що сприяє поширенню інфекційних захворювань. Важливими кроками для подолання цих викликів є: відновлення водопровідних мереж та очисних споруд шляхом впровадження сучасних технологій очищення, а також посилення моніторингу з її якості. Обов'язково варто працювати над залученням міжнародної підтримки для ліквідації наслідків військових дій.

Тобто гарантування доступу до якісної води повинна стати ключовою умовою для відновлення постраждалих регіонів та збереження здоров'я населення країни.

РОЗДІЛ 3

ПЕСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

3.1. Адаптація європейських стандартів до умов воєнного часу

Після підписання Угоди про асоціацію України з країнами ЄС наша держава зобов'язалась впроваджувати європейські Директиви щодо якості питної води та систем управління водними об'єктами. У межах цієї угоди було прийнято низку необхідних нормативних актів, зокрема в Україні діє програма «Питна вода України на 2022-2026 роки».

Основне завдання, яке стояло перед Україною – поява «доброго екологічного стану» водних об'єктів, що передбачало відповідність екологічних та хімічних показників встановленим вимогам, що наведенні у галузевому нормативі ДСанПІН 2.2.4.-171-10. Основу екологічних стандартів якості складають три види нормативів [43, с. 90]:

- біологічні нормативи (стан фітопланктону, склад та чисельність рибної фауни, стан макролітів та фітобентосу);
- фізико-хімічні нормативи (зокрема мова йде про показник рН, мутність води та її кольоровість, вміст окремих забруднюючих речовин).
- гідроморфологічні показники (аналіз морфологічних умов).

На початку 2024 року було скасовано національні стандарти, що не відповідали міжнародним та європейським нормам. Певну частину стандартів замінили європейськими стандартами в їх оригінальному вигляді, без урахування специфіки національних умов їх застосування.

Враховуючи той факт, що водні об'єкти України є критично забрудненими внаслідок збройної агресії державою розроблена програма «Екологічний моніторинг наслідків війни проти України та стратегії її відновлення». Завдяки цій програмі розроблено та запроваджено 18 національних стандартів, що відповідають за контроль якості вод за

європейськими стандартами. У (табл. 3.1.) [44, с. 334] представлені ті національні стандарти, які безпосередньо відносяться до контролю якості питної води. Перші два нормативні стандарти повністю погоджені із європейською термінологією.

Таблиця 3.1

**Інтеграція європейських стандартів в українське
законодавство в умовах воєнного часу**

Стандарт	Назва	Примітки*
прДСТУ EN ISO 5667-1/20	Якість води. Відбирання проб. Настанови щодо розроблення програм і методів відбирання проб	Версія європейського відповідника EN ISO 5667-1:2022
прДСТУ EN ISO 5667-3:2022	Якість води. Відбирання проб. Зберігання та оброблення проб води	Версія європейського відповідника EN ISO 5667-3:2018
прДСТУ EN ISO 5814:2022	Якість води. Визначення розчиненого кисню. Електрохімічний метод із застосуванням зонду.	Версія європейського відповідника EN ISO 5814-14:2012 (<i>контроль за вмістом розчинного кисню</i>)
прДСТУ EN ISO 5815-1:2022	Якість води. Визначення біохімічного споживання кисню після п-діб (БПК _п).	Версія європейського відповідника EN ISO 5815-1:2019 (<i>оцінка органічного забруднення води</i>)
прДСТУ EN ISO 7393-2:2022	Якість води. Визначення вільного та загального хлору	Версія європейського відповідника EN ISO 7393-2:2018 (<i>контроль залишкового хлору у питній воді</i>)
прДСТУ EN ISO 8467:2022	Якість води. Визначення перманганатної окиснюваності	Версія європейського відповідника EN ISO 8467:1993 (<i>контроль вмісту органічних забруднювачів у питній воді</i>)

Продовження таблиці 3.1

прДСТУ EN ISO 10304-1:2022	Якість води. Визначення розчинних аніонів.	Версія європейського відповідника EN ISO 10304:1:2009 (аналіз вмісту аніонів у питній воді)
прДСТУ EN ISO 17294-1:2022	Якість води. Застосування мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язною плазмою	Версія європейського відповідника EN ISO 17294:1:2006 (аналіз вмісту металів у питній воді)
прДСТУ EN ISO 10703:2022	Якість води. Радіонукліди, що випромінюються гамма-випромінювання	Версія європейського відповідника EN ISO 10703:2021 (контроль радіоактивного забруднення)

Процес адаптації європейських стандартів за контролю якості води в умовах війни є критично важливим, що дозволить стабілізувати функціонування водопостачання та запобігти екологічним катастрофам. Україна, як і багато інших країн світу, що пережили воєнні конфлікти стикається із серйозними проблемами, щодо забезпечення населення безпечною водою. Війна в Україні призвела до масштабних руйнувань водоочисних станцій та забруднень водних ресурсів. Проте на тлі цих труднощів Україна вживає низку заходів [44, с. 335]:

- модифікація нормативно-правової бази (активне впровадження тимчасових відхилень від деяких норм у випадку відсутності доступу до лабораторного контролю; розробка спеціальних нормативних активів щодо очищення в умовах підвищеної загрози хімічного та біологічного забруднення);
- екстрені заходи контролю якості води (використання спрощених методів аналізу води на виявлення в них важких металів, бактерій та хімічних речовин; діяльність польових лабораторій для експрес-аналізу питної води);
- технологічна адаптація системи водоочищення (використання мобільних станцій очищення води – зворотній осмос,

активоване вугілля; використання більш ефективних та швидких методів очищення; запровадження автономних систем очищення води);

- забезпечення доступу населення до безпечної питної води (організовані програми з роздачі бутильованої води; розроблені програми громадської освіти щодо існуючих методів знезараження води у домашніх умовах).

- Відновлення локальних свердловин та альтернативних джерел води.

Всі ці заходи дозволяють вирішувати проблему у найбільш критичних ділянках. Проте у порівнянні з іншими країнами Європи Україні варто більше зосередитися на довгострокових рішеннях, а саме [45, с. 139]:

- відновлювати не лише локальні джерела води, а й інфраструктуру, щоб повернути в міста / села стабільне водопостачання; впроваджувати інноваційні системи дезінфекції питної води (наприклад сонячні системи знезараження «Сирія, військові конфлікти 2011-2023 роки»).

Загалом, Україна активно реагує на виклики, які пов'язані з водопостачанням під час війни, проте для значного покращення ситуації в майбутньому варто впроваджувати сучасні інноваційні методи очищення та контролю за якістю води, які забезпечать не лише доступ населення до якісної води, але також створить умови для сталого розвитку водопостачання як в умовах війни, так і після її завершення. Активне впровадження сучасних методів очищення дозволить Україні краще адаптуватися до сучасних викликів та зменшить негативні наслідки війни на здоров'я людини.

3.2. Інноваційні технології у системах водопостачання та очищенні питної води: досвід країн ЄС

В умовах воєнного часу в Україні питання водопостачання та очищення питної води набуває критичного значення. Адже масштабні руйнування водної інфраструктури, перебої з подачею електроенергії створюють серйозні проблеми для забезпечення населення чистою водою. Поряд з перерахованими проблемами також варто виділити проблеми, що пов'язані із зміною клімату, численними забрудненнями водних ресурсів та урбанізацією, що вимагає швидких та ефективних рішень для відновлення та підтримки систем водопостачання.

У вирішенні даного питання особливе місце займає європейський досвід так як країни Європи активно впроваджують новітні рішення, які дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля та підвищують ефективність процесів водоочищення питної води. Відмітимо, що досвід європейських країн є корисним для України у процесі відновлення водної інфраструктури та під час модернізації традиційних схем очищення води.

У країнах Європи досить широко використовують розумні системи управління водопостачання, які базуються на цифрових технологіях. Серед таких інновацій варто виділити [46]:

- автоматизовані системи моніторингу стану водопровідних мереж (IoT, система SCADA), що дозволяють контролювати рівень забруднення у реальному часі;
- використовують децентралізовані системи водопостачання для зменшення втрат води;
- використовують альтернативні джерела води (наприклад дощову воду або очищенні стічні води для технічних потреб населення);
- сучасні трубопроводи, що виготовленні з композиційних матеріалів, які підвищують рівень стійкості до корозії.

В Україні також впроваджують певні сучасні рішення у водопостачання, проте їх масштаб значно поступається європейським країнам. Тобто загалом процес модернізації в Україні відбувається повільно, що пов'язано із браком фінансування та застарілими комунікаціями.

Здійснимо огляд сучасних технологій очищення питної води дані занесемо до табл. 3.2. [45, 46, 47, 48]

Таблиця 3.2

Огляд сучасних методів очистки питної води

Методи очищення	Суть та хімізм методу	Переваги та недоліки
Механічна фільтрація	Суть полягає у видаленні різних механічних домішок (піску, іржі, глини, оксидних утворень). Використовують сітчасті та піщані фільтри з дрібними комірками (1-5 мікрон). Механізм: забруднена вода протікає крізь фільтри, механічні частинки залишаються на фільтрах, а вода далі піддається обробці.	<i>Переваги:</i> проста та ефективність на початкових етапах очищення; <i>Недоліки:</i> не видаляє хімічні забруднення.
Хімічні очищення	Реагентне очищення, що передбачає використання різних хімічних реагентів (наприклад вапна), що передбачає утворення осадів, які не піддаються розчиненню. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (для нейтралізації кислот) $\text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- = \text{Fe(OH)}_3$ (осадження заліза).	Переваги: ефективно видаляє важкі метали та органічні забруднення; Недоліки: використання хімічних реагентів може бути небезпечним.
Безреагентне фільтрування	Даний метод дозволяє видаляти з води залізо, марганець та сірководень у вигляді осадів. Метод екологічний та економічний, так як не потребує використання дорогих хімічних реагентів. Розрізняють два технологічні різновиди: - З повітряної аерацією: повітряні маси нагріваються під тиском або шляхом водорозпилення всередині ємності для осідання.	Переваги: екологічно чистий та не потребує хімічних реагентів; Недоліки: недостатньо ефективний для певних типів забруднювачів.

Продовження таблиці 3.2

	- З електрохімічною аерацією: процес відбувається в спеціальному модулі, який оснащений електродами. Струм що проходить крізь оду окиснює іони Fe, Mn та молекули H₂S $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 8\text{H}^+$ $2\text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 \downarrow + 4\text{H}^+$ $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$	
Адсорбція (вугільна фільтрація)	Ключове завдання покладається на активоване вугілля зі шкарлупи кокоса, так як даний матеріал володіє у 4 рази більше адсорбуючою дією ніж деревне вугілля. Вугільні фільтри вбирають бруд та очищають воду від органіки, розчинених газів та залишкового хлору, а також покращують колір та смако-ароматичні параметри питної води. При додаванні до них іонообмінних компонентів можна позбутися важких металів, пестицидів та навіть бактерій та вірусів. Тривалість використання таких фільтрів до 10 місяців. $\text{C}_n + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	<i>Переваги:</i> доступність та економічність процесу; <i>Недоліки:</i> потрібна часта заміна фільтруючих елементів; не видаляє важкі метали.
Іонний обмін	Фільтри такого плану універсальні, що здатні видаляти кальцієві та магнієві солі заміщуючи їх на іони натрію, тим самим забезпечуючи м'якість води. Додатково воду позбавляє від важких металів та мінералів. Проте така вода не є безпечною для людей, що потребує подальшого використання. Тривалість використання фільтру становить приблизно три роки. <i>Катіонний обмін (видалення йонів Кальцію та Магнію):</i> $2\text{RNa} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{R}_2\text{Ca} + 2\text{Na}^+ \text{ де } (\text{RNa} - \text{іонообмінна смола})$ <i>Аніонний обмін (видалення нітратів та сульфатів):</i> $\text{RCl} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{RNO}_3 + \text{Cl}^-$	<i>Переваги:</i> ефективне видалення кальцієвих та магнієвих солей. <i>Недоліки:</i> потребує періодичного обслуговування.

Продовження таблиці 3.2

Озонування	Боротьба проти бактерій, вірусів та грибів. Озон є потужним окиснювачем, а тому при розкладанні у воді здатен руйнувати ферментні системи клітин мікробів. Метод ефективніше методу хлорування, адже він не утворює побічних шкідливих продуктів. $3O_2 + e^- = 2 O_3$	<i>Переваги:</i> не утворює шкідливі побічні продукти; <i>Недоліки:</i> високі витрати енергії та короткотривала дія озону.
Ультрафіолет. обробка (бактерицидна фільтрація)	Ультрафіолет – відмінний знезаражувач, що вбиває віруси, бактерії та мікроорганізми у вегетативних та спорових формах. Фотохімічні реакції: $UV + ДНК = \text{пошкодження молекул ДНК}$ (повне знищення мікробів)	<i>Переваги:</i> висока ефективність у боротьбі з мікроорганізмами та вірусами. <i>Недоліки:</i> високі вимоги до технічного обслуговування;
Зворотній осмос	Зворотній осмос дозволяє очистити воду від органічних домішок, неорганічних хімічних сполук, солей важких металів, бактерії та вірусів. Загальна схема осмосу: $H_2O + \text{забруднення} = H_2O$ (чиста вода) забруднення залишається на мембранах.	<i>Переваги:</i> дуже ефективний метод очищення. <i>Недоліки:</i> видаляє корисні мінерали; потребує регулярної заміни мембран.
Ультрафіолет. обробка (бактерицидна фільтрація)	Ультрафіолет – відмінний знезаражувач, що вбиває віруси, бактерії та мікроорганізми у вегетативних та спорових формах. Фотохімічні реакції: $UV + ДНК = \text{пошкодження молекул ДНК}$ (повне знищення мікробів)	<i>Переваги:</i> висока ефективність у боротьбі з мікроорганізмами та вірусами. <i>Недоліки:</i> високі вимоги до технічного обслуговування;
Зворотній осмос	Зворотній осмос дозволяє очистити воду від органічних домішок, неорганічних хімічних сполук, солей важких металів, бактерії та вірусів. Загальна схема осмосу: $H_2O + \text{забруднення} = H_2O$ (чиста вода) забруднення залишається на мембранах.	<i>Переваги:</i> дуже ефективний метод очищення. <i>Недоліки:</i> видаляє корисні мінерали; потребує регулярної заміни мембран.
Ультрафіолет. обробка (бактерицидна фільтрація)	Ультрафіолет – відмінний знезаражувач, що вбиває віруси, бактерії та мікроорганізми у вегетативних та спорових формах. Фотохімічні реакції: $UV + ДНК = \text{пошкодження молекул ДНК}$ (повне знищення мікробів)	<i>Переваги:</i> висока ефективність у боротьбі з мікроорганізмами та вірусами. <i>Недоліки:</i> високі вимоги до технічного обслуговування;

Продовження таблиці 3.2

Нанофільтрація	Нанофільтраційні мембрани ефективно видаляють органічні домішки, зокрема галогеновмісні без будь-яких додаткових реагентів. Типи хімічних реакцій в залежності від типу домішок: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ <i>(нейтралізація кислих сполук);</i> $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3$ <i>(осадження Кальцію)</i>	<i>Переваги:</i> висока ефективність очищення від органічних домішок; не потребує додаткових хімічних реагентів. <i>Недоліки:</i> висока вартість установки та експлуатації.
Фотокаталізація	Метод очищення питної води на основі фотокаталітичних процесів, що допомагають повністю видалити органічні домішки без попередньої очистки та хімічної обробки. Реакція розкладу органічних сполук : $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <i>(процес окиснення органічних сполук на мембранах).</i>	<i>Переваги:</i> екологічно чистий метод; мінімальні залишки осаду на мембранах. <i>Недоліки:</i> висока вартість технології.
Нанофільтрація	Нанофільтраційні мембрани ефективно видаляють органічні домішки, зокрема галогеновмісні без будь-яких додаткових реагентів. Типи хімічних реакцій в залежності від типу домішок: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ <i>(нейтралізація кислих сполук);</i> $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3$ <i>(осадження Кальцію)</i>	<i>Переваги:</i> висока ефективність очищення від органічних домішок; не потребує додаткових хімічних реагентів. <i>Недоліки:</i> висока вартість установки та експлуатації.

У відповідності до таблиці встановлено, що в Європі переважно використовують нові методи очистки питної води, такі як: нанофільтрація, озонування, зворотній осмос та ультрафіолетова обробка. Перераховані технології дозволяють отримати безпечну та якісну воду шляхом боротьби з різноманітними забруднювачами (органічні сполуки, метали, віруси, бактерії тощо). Відмітимо, що нанофільтрація на сьогодні є однією із найбільш універсальних технологій, яка дозволяє очистити воду від органічних та неорганічних домішок без використання хімічних реагентів, а озонування забезпечує ефективне знезараження без

утворення будь-яких шкідливих побічних продуктів. Метод зворотного осмосу також є досить популярним методом очистки питної води в країнах Європи, що дозволяє ефективно боротися з бактеріями та важкими металами. Більший перелік методів та схем очистки, які використовують в країнах Європи представлено у додатку Г.

В Україні дані інноваційні методи використовуються в обмеженій кількості. Наприклад метод озонування та нанофільтрації практично не використовується через високу вартість обладнання та енергетичні затрати. Метод зворотнього осмосу використовується у приватних побутових системах очищення, що зумовлено високою вартістю та необхідність додаткової мінералізації води. Саме через це метод не є масовим в країні. Серед основної причини обмеженого використання інноваційних методів очистки питної води в Україні варто виділити високу вартість технологій та їх обслуговування. Більшість водоочисних станцій в Україні використовують традиційні методи очистки, а саме: механічну фільтрацію, хімічне очищення або іонний обмін, що є більш економічно доступними. Хоча вони не здатні забезпечити високу якість питної води, у порівнянні з новими технологіями очистки, проте вони є дешевими та підходять для широкого використання, особливо в умовах обмеженого бюджету (воєнного періоду) [47, с. 44].

3.3. Практичні рекомендації та заходи щодо покращення систем водопостачання та очищення води в Україні

В Україні існує ряд викликів, що пов'язані не лише з воєнними діями, але й зношеністю водопровідних мереж, забрудненнями та застарілими методами очистки. Для покращення ситуації обов'язково варто впроваджувати сучасні технології, удосконалювати систему управління та навчитися раціонально використовувати водні ресурси.

Нижче запропонуємо основні практичні заходи, які варто впроваджувати в Україні як у воєнний, так і після воєнний період [48, с. 111]:

1. Модернізація систем водопостачання :

- Заміна системи старих трубопроводів на нові, що виготовленні з композиційних матеріалів, які попереджуватимуть виникнення корозії;
- Використовувати автоматизовані системи водопостачання, що покращуватимуть якість питної води;
- Використовувати автоматизовані системи моніторингу, з метою швидкого виявлення забруднювачів;
- Здійснювати реконструкцію водозабірних споруд.

2. Впроваджувати сучасні технології очищення питної води [48, с. 112]:

- Мембрані технології з метою видалення солей, важких металів та мікроорганізмів;
- Озонування та ультрафіолетове знезараження питної води, що є безпечнішими альтернативами методу хлорування;
- Вугільна фільтрація та іонний обмін з метою очищення води від органічних забруднювачів;
- Впроваджувати використання біотехнологій для очищення води від органічних забруднень.

3. Здійснювати систематично моніторинг за якістю питної води [48, с. 113]:

- Створити єдину національну систему моніторингу якості питної води, що дозволить в реальному часі спостерігати за якістю води;
- Запровадити більш жорсткі нормативні стандарти щодо контролю важких металів, нітратів, органічних забруднювачів.
- Підвищити прозорість даних – надати населенню доступ до інформації про якість води у своєму регіоні.

4. Збільшити фінансування та розробити вдалі економічні стимули:

- Залучати міжнародні інвестиції у модернізацію очисних споруд;
- Вводити субсидії та гранти для громад, які працюють над впровадженням нових методів очистки;

5. Збільшувати частку просвітницьких кампаній та сприяти підвищенню культури споживання питної води [48, с. 114]:

- Створювати проєкти, які передбачатимуть інформування населення про важливість водозбереження та безпечного використання питної води;
- Заохочувати населення використовувати екологічно безпечні побутові фільтри, для покращення якості води в домашніх умовах.

Поряд з даними рекомендаціями Міністерством інфраструктури України (Мінінфраструктури) розроблені дієві кроки з відновлення питного водопостачання та централізованого водовідведення [49, с. 34]:

1. Повна модернізація підприємств з питного водопостачання;
2. Створення ефективних систем з реагування на виникнення надзвичайних ситуацій (розробка логічних ланцюгів поставки питної води у разі припинення централізованого водопостачання);
3. Впроваджувати системи з управління осадами отриманні внаслідок очищення питної води;
4. Впроваджувати сучасні методи очистки питної води (на заміну методу хлорування);
5. Облаштування спеціалізованих локальних пунктів розливу води, (що містять підвищений рівень мінералізації);
6. Агрегація підприємств водопостачання та водовідведення;
7. Постійно підвищувати кваліфікацію співробітників підприємств з водопостачання та водовідведення, що дозволить

впроваджувати сучасні методи очистки питної води, що відповідатимуть європейським нормам якості питної води.

Отже, для реалізації європейських стандартів з якості води варто впроваджувати комплексні методи очищення, а саме перевагу надавати таким методам як: озонування, мембранні технологія, нанофільтрація, а також посилювати контроль за водними ресурсами за допомоги сучасних систем моніторингу. Також варто модернізувати системи з водопостачання шляхом використання високоефективного обладнання та цифрових технологій, що мінімізуватимуть втрати води та дозволять швидко виявляти забруднення. Особливе місце у вирішенні даної проблеми посідає – міжнародне співробітництво, від якого залежить ефективність відновлення та покращення систем з водопостачання [50, с. 279].

Тобто впровадження європейських стандартів з питання якості питної води є не лише стратегічною необхідністю, а й важливим кроком інтеграції України в європейський простір. Реалізація запропонованих нами заходів сприятиме створенню стійкою та безпечної системи водопостачання навіть в умовах війни, гарантуючи українцям доступ до безпечної та якісної води як в умовах сьогодення, так і в майбутньому.

ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що вибір конкретного методу очистки води залежить від якості природної води, її фізико-хімічних та органолептичних властивостей, а також вимог споживача. Механічні методи забезпечують попереднє очищення, біологічні забезпечують природний розклад органічних речовин, а хімічні методи – знезараження та коригування складу питної води. Для досягнення найкращих результатів варто використовувати комбіновані методи, які включатимуть механічне очищення, біологічну обробку та хімічне знезараження.

2. Встановлено, що нормативна база щодо контролю якості питної води в Україні регулюється такими основними документами, як Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», нормативними санітарними документами (стандартний «ДСанПІН 2.2.4.-171-10» та «ДСанПІН № 683-22»), а також іншими відповідними ДСТУ та технічними регламентами. Проведений аналіз показав, що українські стандарти якості питної води загалом відповідають вимогам ЄС (основним 6 директивам), однак є певні відмінності, зокрема щодо допустимих концентрацій певних хімічних елементів та методів контролю. З кожним роком відповідність європейським стандартам покращується завдяки імплементації норм ЄС у вітчизняне законодавство в рамках процесу євроінтеграції.

3. Розглянуто сучасні методи контролю якості питної води в Україні. Встановлено, що основним методом контролю якості питної води є лабораторний метод, який включає в себе фізико-хімічний аналіз (визначення рН, жорсткості, вмісту важких металів, різних органічних та неорганічних сполук); мікробіологічний аналіз (виявлення патогенних мікроорганізмів, вірусів та бактерій), спектрофотометричні та хроматографічні методи. Поряд з цим для забезпечення постійного

контролю за якість питної води в Україні впроваджують так звані «системи безперервного моніторингу», які складаються із автоматичних датчиків, що встановлені на водозаборах, таким чином здійснюється моніторинг якості води у реальному часі. Параметри які досліджуються: температура води, її провідність; кисневий потенціал; рН; нітрати, фосфати, сульфати та інші хімічні сполуки. Комплексний підхід у здійсненні моніторингу дозволить ефективно контролювати якість питної води та забезпечить її відповідність чинним українських та європейських стандартам.

4. Оцінено сучасний стан водопостачання та водоочищення в Україні у довоєнний та воєнний періоди та проаналізовано вплив війни на якість питної води в Україні. Пошкодженні водозабірні станції, водопровідні мережі, очисні споруди спричинило погіршення якості питної води й суттєво підвищило ризики для здоров'я населення країни. Встановлено, що основними забруднювачами питної води є залізо, солі жорсткості, іони мангану, висока мутність, що особливо характерно для західних областей. У центральних областях спостерігається перевищення норм перманганатної окиснюваності та кольоровості, а на півдні України ситуація з водою значно покращилася після відновлення водогонів у Миколаївській та Херсонській областях, хоча певні проблеми залишаються. Найбільші проблеми зафіксовані у Дніпропетровській, Запорізькій та Харківській областях.

5. Досліджено інноваційні технології в очистці води в Україні та розроблені рекомендації щодо покращення якості питної води в Україні. Встановлено, що інноваційні технології з очистки питної води, такі як мембранні методи, електрохімічні методи та біотехнології мають високий потенціал у покращенні якості питної води. Впровадження цих методів очистки в Україні дозволить ефективніше видаляти органічні забруднювачі, віруси та бактерії, солі важких металів тощо. Проте для ефективної реалізації даних методів очистки варто відновити

інфраструктуру та навчати фахівців адаптувати методи у відповідності до специфічних умов у різних регіонах країни. Рекомендовано зосередити увагу на модернізації старих водоочисних станцій та впровадженні сучасних моніторингових систем для досягнення стабільного та безпечного водопостачання по всій території України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Строкаль В. П., Ковпак А. В. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. *Екологічні науки*. № 5. 2022. 94-102. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14> (дата звернення 19. 02. 2025)
2. Закон України від 18.05.2017 № 2047-VIII, «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання"» URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T172047> (дата звернення 19. 02. 2025).
3. Horbulin V.P., Mosov S.P. Water conflicts as an indicator of the aggravation of the global fresh water crisis. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2023. № 2. С. 3-11. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2023.02.003> (дата звернення 19. 02. 2025).
4. Schillinger J., Özerol G., Güven-Griemert S., Heldeweg M. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. 2020. URL: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1480> (дата звернення 19. 02. 2025)
5. Андрусишина І. Якість питної води в Україні під час війни: безпечність питної води в українському та європейському законодавстві та методи контролю. *Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти: збірник матеріалів II Міжнародної науково-технічної конференції 24-25 травня 2023 року*. 2023. С. 88–90. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42201> (дата звернення 19. 02. 2025)
6. Андрусишина І.М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення. *Вода і водоочисні технології*. 2015. № 1. С. 22–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vvt_2015_1_5 (дата звернення 19. 02. 2025)

7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міндовкілля. 2022. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyjmonitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stand-navkolyshnogo-prirodnoho-seredovyshha-v-ukrayini/> (дата звернення 19. 02. 2025)
8. Досвід Ізраїлю: як стічні води перетворюються на водний ресурс, який розвиває країну. 2023. URL: <https://ukraine-oss.com/dosvid-izrayilyu-yak-stichni-vody-peretvoryuyutsya-na-vodnyjresurs-yakyj-rozvyvaye-krayinu/> (дата звернення 19. 02. 2025)
9. ДСТУ ENISO 11885:2019. Якість води. Визначення вибраних елементів методом оптичної емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-OES) (чинний від 2020-01-0). К.: Держспожив стандарт України, 2020 20 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88015 (дата звернення 19. 02. 2025)
10. Куцька, О. М., & Перемибіда, Д. О. Реалізація прагнення виходу до моря в рамках водних конфліктів XXI століття: зарубіжний досвід вирішення протиріч мирним шляхом. *Військово-науковий вісник*. 2022. № 37. С. 270-291. URL: <http://vnv.asv.gov.ua/article/view/260887> (дата звернення 19. 02. 2025)
11. ДСанПіН № 136/1940. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/REG1940> (дата звернення 19. 02. 2025)
12. ДСТУ ISO 5667-2: Якість води. Відбір проб. Частина 2. Настанови щодо методів відбирання проб. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48495 (дата звернення 19. 02. 2025)
13. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. (ISO 5667-3:1994, IDT) Вид. офіц. Київ: Мінеконом розвиток України, 2014. 25 с. URL:

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61154 (дата звернення 19. 02. 2025)

14. Tisler S., Tüchsen P. L., Christensen J. H. Non-target screening of micropollutants and transformation products for assessing AOP-BAC treatment in groundwater. *Environmental Pollution*. 2022. № 15 P.119-128. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119758> (дата звернення 19. 02. 2025)

15. Якобчук Ю. О. Актуальні проблеми безпечності води питної. *Інноваційні технології розвитку сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємства: наукові пошуки молоді: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів (2 квітня 2015 р.)*. Харків: ХДУХТ, 2015. С. 239. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/32620/1/Innovatsiyni_tekhn_olohiyi_rozvytku_2015_1_239.pdf (дата звернення 19. 02. 2025)

16. Лотоцька-Дудик У. Б., Лабойко В. В. Якість питної води та стан водозабезпечення населення України в умовах воєнного стану. *Вісник Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького*. 2023. № 9. https://library.dmed.org.ua/uploads/files/2023-09/1694676097_stan-vodozabezpechennia-naselennia-v-umovakh-viiny_doc.pdf (дата звернення 19. 02. 2025).

17. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджені наказом МОЗУ від 12.05.2010 № 400. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=27272 (дата звернення 19. 02. 2025)

18. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54058 (дата звернення 19. 02. 2025)

19. Наказ МОЗ України від 22.04.2022 № 683 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних

ситуаціях іншого характеру». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#Text> (дата звернення 19. 02. 2025)

20. Schillinger, J., Özerol, G., Güven-Griemert, Ş., & Heldeweg, M. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. 2020. № 7. URL: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1480> (дата звернення 19. 02. 2025)

21. Li, Y., Wang, M., Chen, X., Cui, S., Hofstra, N., Kroeze, C. & Strokal, M. Multi-pollutant assessment of river pollution from livestock production worldwide. *Water research*. 2022. № 209. С. 117-126. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421011003> (дата звернення 19. 02. 2025)

22. Живко З., Стадник М. Аналіз загроз прісноводній безпеці. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2020. № 2(66). С. 25–32. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-66-25-32> (дата звернення 19. 02. 2025)

23. Шевченко О.Л., Чарний Д. В. Автономні системи водопостачання підземними водами — необхідний запобіжник гуманітарних катастроф в умовах воєнної агресії. *Геологічний журнал*. 2022. № 3. С. 3-17. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.3.255733> (дата звернення 19. 02. 2025)

24. Rawtani D., Gupta G., Khatri N., Rao PK., Hussain ChM. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of the total environment*. 2022. № 850. 15-32. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932> (дата звернення 19. 02. 2025)

25. Волкова С.А., Пилипчук Л.Л., Попович Т.А. Фосфатовмісні миючі засоби як причина відсутності доступу до якісної питної води. *«Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології»* : матеріали Національного форуму. Київ, 24–25 листопада

2022 року. 2022. С. 150-151.
URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/123456789/19323> (дата звернення 19. 02. 2025)

26. Schillinger, J., Özerol, G., Güven-Griemert, Ş., & Heldeweg, M. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. 2020. № 7(6). P. 1480-1485. URL: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1480> (дата звернення 19. 02. 2025)

27. Romashchenko M.I., Yatsyuk M.V., Dehtyar O.O. Conceptual principles of water management reform in Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*. 2018. № 12 (789). P. 9-18: URL: https://agrovisnyk.com/archive_en_2018_12_02.html (дата звернення 19. 02. 2025)

28. Волоткевич С. С., Близнюк В. М. Попович Т. А. Хімічні показники якості поверхневих вод внаслідок підриву Каховської гідроелектростанції. *Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany*. 2024. Pp. 130-135. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiyascientific-research-modern-challenges-and-future-prospects-18-20-11-2024-myunhennimechchina-arhiv/> (дата звернення 19. 02. 2025)

29. Якісна питна вода: сучасні методи очищення води. Блог Ecosoft. 2024. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/suchasni-metody-ochyshchennia-vody-v-domashnikh-umovakh/?srsltid=AfmBOorzToAoTswmnhQEPJ2dHOX83jYMggyXR1gqzn29Qbl-vs6bjT8> (дата звернення 19. 02. 2025)

30. Сучасні технології очищення питної води. *Система Оптимум*. 2023. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-sovremennye-tehnologyy-ochystky-pytevoj-vody> (дата звернення 19. 02. 2025)

31. Про прийняття за основу проекту Закону України про Загальнодержавну цільову соціальну програму "Питна вода України" на 2022-2026 роки: Постанова Верхов. Ради України від 18.11.2021 р. № 1905-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1905-20#Text> (дата звернення 19. 02. 2025)

32. Khilchevskiy, V. K., & Mezentsev, K. V. Water conflicts and Ukraine: Donbas region. In *15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2021, № 1. P. 1-5. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.20215K2004> (дата звернення 19. 02. 2025)

33. Сорокіна К. Б. Технологія очистки природних вод : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 115 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/59184/1/2021%20печ%2066Л%20ТОПВ.pdf> (дата звернення 19. 02. 2025)

34. Тищенко Л. В., Марченко Т. К. Сучасні технологічні схеми для підготовки питної води. *Наукові записки*. 2017. № 8. С. 220-223. URI: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/4989> (дата звернення 19. 02. 2025)

35. Маслюк В. Радовенчик Я. Сучасні підходи до схем підготовки питної води для населення. *Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції: "Екологія. Людина. Суспільство" (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)*. 2024. С. 161-168. URL: <https://ecoconference.kpi.ua/article/view/305114/298764> (дата звернення 19. 02. 2025).

36. Семенов А.О., Попов С.В., Сахно Т.В., Тарасенко Д.С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: ПП «Астроя», 2023. 190 с. URL:

<https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/14384> (дата звернення 19. 02. 2025).

37. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 1: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / за заг. ред. Н. М. Толстопалова, М. І. Літинська, Т. І. Обушенко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 101 с. URL: https://tnr.kpi.ua/images/Navch_Metod_Dokum/Tekhnologia-ta-oblabn.-oderzh.-pytnoi-ta-tekhnichnoi-vody.pdf (дата звернення 19. 02. 2025)

38. Технологія води та водопідготовки харчових виробництв. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 181 «Харчові технології» / Укл.: Буяльська Н.П., Цибуля С.Д., Денисова Н.М. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 83 с. URL: https://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/26088/Технологія%20води%20та%20водопідготовки%20харчових%20виробництв.____.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата звернення 19. 02. 2025)

39. Яненко У., Кос'янчук Н., Васильєва Т. Моніторинг європейських стандартів з якості води. *Міжнародна наукова конференція «Міжгалузеві диспути: динаміка та розвиток сучасних наукових досліджень»*. 2024. № 3. С. 76–78. URL: <https://doi.org/10.62731/mcnd-22.03.2024.02> (дата звернення 19. 02. 2025)

40. Водна стратегія України на період до 2050 року. URL: <https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/vodneva-strategiya17.05.2024.pdf> (дата звернення 19. 02. 2025)

41. Європейський моніторинг вод в Україні: правове, методичне та технічне забезпечення для практичної реалізації. 2024. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp->

content/uploads/sites/11/2024/11/leksiia_voda_4_vidkryta.pdf (дата звернення 19. 02. 2025)

42. Малько О. Д., Закоморна К. О. Імплементація європейських стандартів у законодавче забезпечення постачання питної води. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту»*. 2022. С. 212-215. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/17165/1/PTEBvSCZ-Materials_final-212-215.pdf (дата звернення 19. 02. 2025)

43. Уberman В. І., Васьковець Л. А. Проблеми імплементації європейських стандартів якості довкілля у водне законодавство України. *Herald of Zaporizhzhia National University. Jurisprudence*. 2020. № 1. С. 89-96. URL: <https://law.journalsofznu.zp.ua/archive/visnik-1-2020/14.pdf> (дата звернення 19. 02. 2025)

44. Уberman В.І., Васьковець Л.А. Поетапне наближення українського еколого-правового інституту якості вод та її регулювання до законодавства ЄС. *Legislation of EU countries: history, shortcomings and prospects for the development: Collective monograph. Frankfurt: Izdevniecība "Baltija Publishing"*. 2019. № 1. Р. 334–354. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/83ff2fe2-dbd7-4136-be6a-e5968952084e/content> (дата звернення 19. 02. 2025)

45. Лісовська І. В. Очищення питної води в домашніх умовах. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Технічні науки*. 2017. № 6. С. 139-143. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn_2017_6_20 (дата звернення 19. 02. 2025)

46. Сучасні методи очищення питної води. Основні технології водопідготовки на ринку. *Filter*. 2024. URL: https://filter.ua/ua/articles/sovremennyye_metody_ochistki_pitevoy_vody.html (дата звернення 19. 02. 2025)

47. Кравченко М., Василенко Л. Проблема забруднення питної води нітрат-іонами та сучасні методи її вирішення. *Проблеми*

водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2022. № 41. С. 42–51. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.42-51> (дата звернення 19. 02. 2025)

48. Технологія питної води та водопідготовки харчових виробництв: наук.-допом. бібліогр. покажч. / упоряд. О. В. Олабоді; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2021. 191 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5c90daad-8c91-4ebf-8797-94139fecb1ab/content> (дата звернення 19. 02. 2025)

49. Кравченко М., Василенко Л. Застосування методу зворотного осмосу для доочистки питної води. *Екологічна безпека та природокористування*. 2021. № 40. С. 32–45. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.4.32-45> (дата звернення 19. 02. 2025)

50. Behrooz Eftekhari, Masoume Skini, Milad Shamohammadi, Jaber Ghaffaripour, Firoozeh Nilchian. The Effectiveness of Home Water Purification Systems on the Amount of Fluoride in Drinking Water. 2015 № 16: 278–281. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4623834/> (дата звернення 19. 02. 2025)

ДОДАТКИ

Додаток А. Вимоги до якості питних вод

В Україні якість питної води регулюється Державними санітарними правилами і нормами (ДСанПіН-383-96), затвердженими Міністерством охорони здоров'я України, «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого водопостачання» (введено з 01.01.2000р.).

Ступінь можливого використання води для тих чи інших потреб (питних, зрошення тощо) характеризується поняттям «якість води».

Якість води – це поняття хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, яке зумовлює її придатність для конкретних видів водокористування. Найвищі вимоги висуваються до якості питної води.

Питна вода має бути безпечною з епідемічного погляду, мати нешкідливий хімічний склад, сприятливі органолептичні властивості і бути радіаційно безпечною для людини.

1. Якість питної води з епідеміологічного погляду

Використання питної води передусім має бути епідемічно безпечним. У воді не повинно бути хвороботворних (патогенних) бактерій і вірусів. Водний шлях розповсюдження характерний для збудників холери, черевного тифу, паратифів і лептоспірозів, певною мірою також для збудників дизентерії, туляремії та епідемічного бруцельозу. З водою в організм людини можуть потрапляти цисти дизентерійної амеби, яйця аскарид та ін. Епідемічна безпечність питної води досягається очищенням та знезараженням її на водопровідних станціях, а також шляхом проведення заходів санітарної охорони водних об'єктів, які слугують джерелами водопостачання.

Необхідну якість питної води з епідемічного погляду може бути підтверджено лише аналітичним шляхом. Але перелік інфекційних захворювань людини, які передаються через воду, є настільки широким, що для дослідження всіх мікроорганізмів лише в одній пробі води доводиться тривалий час працювати великому колективу бактеріологів. Тому свого часу виникла потреба вибору основного санітарно-показового мікроорганізму води. Він має слугувати індикатором загального забруднення води бактеріями, пов'язаними з життєдіяльністю людини. Таким мікроорганізмом виявилася кишкова паличка (*Escherichia coli*), яка, з одного боку, є постійно у товстому кишківнику людини, а з іншого – за тривалістю збереження у водному середовищі дещо перевищує строки перебування в ньому інших патогенних бактерій. У всіх свійських тварин у виділеннях є кишкова паличка. Її також містять і ті представники фауни, які живуть поблизу людського помешкання, – голуби, ворони, миші, щури. У кишковому тракті диких тварин, які не контактують з людиною (наприклад, куріпки, зайці, білі полярні ведмеді, моржі), кишкова паличка трапляється надзвичайно рідко.

Таким чином, забруднення водних об'єктів бактеріями кишкової групи тісно пов'язані з надходженням у них фекалій людини, домашніх

тварин, господарсько-побутових стічних вод, а відповідно, і з наявністю патогенних бактерій. Тому важливим завданням контролю якості питної води, яку отримують на водопровідній станції після знезараження природної води з джерела водопостачання, є визначення вмісту в ній кишкової палички – так званого колі-індексу. Згідно із санітарно-гігієнічними вимогами колі-індекс питної води (кількість кишкових паличок у 1 дм³) не має перевищувати 3.

Безпека питної води з епідемічного погляду визначається відсутністю небезпечних для здоров'я людини бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів, а саме: термостабільних кишкових паличок (фекальні колі-форми) – у 100 см³ води, що досліджується; патогенних мікроорганізмів – у 1 дм³ води. Допускається наявність загальної кількості бактерій не більше 100 мікроорганізмів у 1 см³ води.

За паразитологічними показниками (клітини, цисти: лямблій, криптоспоридій, а також у разі епідемічних ускладнень – дизентерійних амеб, балантидій, хламідій та ін.; клітини, личинки, яйця гельмінтів) питна вода має відповідати таким вимогам: не виявляються патогенні кишкові найпростіші (клітини, цисти) в 25 дм³ води, що досліджується; кишкові гельмінти (клітини, яйця, личинки) – в 25 дм³ води, що досліджується.

2. За фізіологічною повноцінністю мінерального складу питної води ДСанПіН рекомендує такі значення

мінералізація загальна 100-1000 мг/ дм³;

твердість загальна 1,5-7,0 мг-екв/дм³;

лужність загальна 0,5-6,5 мг-екв/дм³;

Магній - $\geq 10 \leq 80$ мг/дм³; Флуор 0,7-1,5 мг/дм³.

Нешкідливість хімічного складу питної води визначається токсикологічними показниками, гранично допустимі концентрації яких встановлено санітарно-токсикологічними дослідженнями.

Таблиця 1

Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води (мг/дм³)

Показник	Норматив, не більше	Клас небезпеки
<i>Неорганічні компоненти</i>		
Алюміній	0,2 (0,5)*	2
Барій	0,1	2
Арсен	0,01	2
Селен	0,01	2
Плюмбум	0,01	2
Нікель	0,1	3
Нітрати	45,0	3
Флуор	1,5	3
<i>Органічні компоненти</i>		
Тригалогенометани (ТГМ), сума	0,1	2
Хлороформ	0,06	2
Дибромхлорометан	0,01	2

Тетрахлорометан	0,002	2
Пестициди, сума	0,0001**	3
<i>Інтегральні показники</i>		
Окиснюваність (KMnO ₄)	4,0	–
Загальний органічний Карбон	3,0	

Примітки:

*величина, зазначена у дужках, допускається при обробці води реагентами, що містять алюміній;

**перелік контрольованих пестицидів установлюють з урахуванням конкретної ситуації.

Вода не повинна містити інші токсичні компоненти (Меркурій, Талій, Кадмій, нітрити(III), ціаніди, хром(VI), 1,1-дихлороетан, 1,2-дихлороетан, бензпірен у концентраціях, що визначаються стандартними методами досліджень.

Вимоги до вмісту деяких речовин у питній воді звичайній і вищої якості, які рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) у 1994 році можуть слугувати еталоном, до якого треба постійно прагнути (табл. 10).

3. Радіаційна безпека питної води визначається за гранично допустимими рівнями сумарної об'ємної активності альфа- і бета-випромінювачів (природних): альфа-випромінювачі – не більше 0,1 Бк/дм³, бета-випромінювачі – не більше 1,0 Бк/дм³. Для особливих регіонів нормативи радіаційної безпеки питної води погоджуються державним санітарним лікарем України.

Найбільш чиста і корисна – вода з артезіанських свердловин, глибина яких може бути 100, 200, 300 чи 400 метрів.

Таблиця 2

Вимоги до деяких речовин у питній воді звичайною і вищої якості, які рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ, 2004 р.), (мг/ дм³)

Показник	ГДК	Питна вода вищої якості, концентрація		
		Макс.	Мін.	Опт. Діапазон
Мінералізація	1000	600	150	250 – 400
pH (одиниці)	–	8	7	7,5 – 8
Твердість, ммоль/дм ³	7	5	2,5	3 – 4
Гідрокарбонати	–	360	90	180-300
Хлориди (Cl ⁻)	250	30	–	<20
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	250	40	–	<25
Кальцій (Ca ²⁺)	–	100	40	50 – 70
Магній (Mg ²⁺)	–	30	6	10 – 15
Натрій (Na ⁺)	200	30	–	≤20
Калій (K ⁺)	–	10	–	5 – 7
Нітрати (NO ₃ ⁻)	50	5	–	<5
Нітрити (NO ₂ ⁻)	3	0,01	–	<0,01
Амоній (NH ₄ ⁺)	1,5	0,05	–	≤0,05
Алюміній (Al ³⁺)	0,2	0,05	–	≤0,05
Ферум (Fe заг.)	0,3	0,1	–	≤0,05

Манган (Mn заг.)	0,5	0,1	—	$\leq 0,02$
Купрум (Cu заг.)	1,0	0,05	—	$\leq 0,05$
Плюмбум (Pb заг.)	0,01	0,01	—	$\leq 0,005$
Флуор (F)	1,5	1,2	0,6	0,8 – 1,0
Цинк (Zn^{2+})	1,0	0,1	—	$\leq 0,1$

Додаток Б. Відбір та водопідготовка

1. Пробовідбір. Види проб.

Пробовідбір – важливий етап аналізу об’єктів навколишнього середовища і від правильності його проведення, у значній мірі, залежать результати аналізу.

Проби води можуть бути *простими* та *змішаними*. Прості проби одержують одноразовим відбором такого об’єму води, який необхідний для аналізу. Аналізуючи такі проби, встановлюють хімічний склад води в певному місці і на час відбору проби.

Змішані проби – суміш простих проб, які відібрані одночасно в різних місцях досліджуваного водного об’єкта або в одному місці через різні проміжки часу. Такі проби характеризують середній хімічний склад даного об’єкта в просторі або за певний проміжок часу.

Змішану пробу не рекомендується відбирати за період більший ніж за одну добу. Змішані проби не можна відбирати для визначення показників, які швидко змінюються з часом, наприклад, вмісту розчинених газів, E_h , каламутності тощо. Тому змішані проби відбирають переважно при аналізі стічних вод, стік яких протягом доби може сильно змінюватися відповідно до режиму їх скидання.

Відбір проб води може бути *одноразовим* (нерегулярним) або *серійним* (регулярним).

Одноразовий відбір використовують в основному тільки при аналізах глибинних підземних вод, хімічний склад яких є досить сталим у часі, просторі та глибині. Одноразовий відбір використовують також для періодичного контролю якості води природного водного об’єкта, для якого раніше були вивчені закономірності зміни концентрацій визначуваних інгредієнтів і мета аналізу полягає лише у виявленні можливих відхилень від встановлених закономірностей.

Надійну та достовірну інформацію про хімічний склад природних вод одержують при серійному відборі проб, які узгоджуються між собою з урахуванням місця та часу відбору.

Найбільш поширені варіанти серійного відбору проб води:

- **зональний** відбір, при якому проби води відбирають за певною схемою та з різних глибин у різних місцях водного об’єкта. Аналіз таких проб дає змогу виявити закономірності зміни хімічного складу води у просторі;

- відбір проб через певні **проміжки** часу, зокрема, сезони, декади, доби та години з метою з’ясування зміни якості води з часом;

- **погоджені** проби, які відбирають в різних місцях за течією річки або стічних вод з урахуванням часу проходження води від одного пункту до другого.

На підставі аналізу таких проб можна оцінити напрямок та інтенсивність перебігу фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів, які спричиняють зміну хімічного складу води. Ці процеси

можуть призводити до так званого самоочищення або самозабруднення природних вод.

Необхідний об'єм проби води для аналізу розраховують, виходячи з кількості визначуваних інгредієнтів, чутливості обраних методів аналізу та особливостей підготовки проби для аналізу.

Так, для визначення основних неорганічних інгредієнтів та деяких показників органічної речовини (ХСК, $C_{\text{орг.}}$, $N_{\text{орг.}}$) для трьох повторів досить мати 1,5-2 л проби води. Однак для повного хімічного аналізу, особливо для визначення вмісту неорганічних та органічних мікрокомпонентів, об'єм проби води повинен бути значно більшим.

При відборі проб використовують посуд з безбарвного скла або поліетилену тих марок, які дозволені для контакту з питною водою. Посуд повинен бути ретельно вимитим миючими засобами, багаторазово промитий водопровідною водою, а безпосередньо перед забором води посуд декілька разів ополіскують досліджуваною водою. Корок бажано використовувати скляний або поліетиленовий, гумові корки обгортають поліетиленовою плівкою.

На практиці зручно користуватися банкою чи бутлем. У місцях, важкодоступних до води, банку чи бутель, можна прикріпити до жердини. Для взяття проб з певної глибини використовуються батометри. За відсутності даного пристрою можна зробити саморобний батометр, який складається з бутля (1 дм³) з прикріпленням до нього тонким міцним шнуром необхідної довжини. Бутель закривають корком зі шнуром і поміщають у футляр, що має важок і петлю. До петлі прив'язують мотузку з відмітками, які вказують глибину занурення. На потрібній глибині висмикують корок з бутля і після наповнення водою піднімають його.

Відбір проб води на проточних водоймах відбувається за 1 км вище від найближчого за течією пункту водовикористання (водозабір для питного водопостачання, місце купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту), а на не проточних водоймах і водосховищах – на відстані 1 км по обидві сторони від пункту водокористування.

Зазвичай проби у закритих водоймах відбирають у трьох точках (біля обох берегів і на фарватері); при обмежених технічних можливостях або на невеликих водоймах допускається відбір проб в одній – двох точках (в місцях найсильнішої течії). Об'єктом особливої уваги повинні стати забруднені потоки.

Якщо на річці є відходи стічних вод від промислових підприємств, стоки тваринних ферм тощо, то відбір проб води проводять нижче викиду на 500 м, що дозволяє контролювати ступінь забрудненості води в річці стічними водами (для порівняння слід взяти пробу на 500 м вище місця скидання стічних вод).

Якщо є підозра, що, в результаті викиду стічних вод, в шарах біля дна накопичуються осідаючі шкідливі речовини, які можуть стати джерелом забруднення води, то відбирають проби шарів води біля дна на відстані 30-50 см від нього.

7.2. Відбір проб з різних водних об'єктів

Річки та струмки. Проби води відбирають у місцях найбільш швидкої течії у фарватері. Якщо не зумовлені якісь особливі цілі дослідження, то не слід відбирати проби зі стоячої води перед греблею або відразу після неї та в глухих рукавах річок. Справа в тому, що хімічний склад води в таких місцях може значно відрізнятись від середнього складу, який характеризує даний водний об'єкт. У випадку змішування вод двох річок або річкової води зі стічною проби для аналізу треба відбирати в місцях повного перемішування водних мас, які встановлюють спеціальними дослідженнями. Проби відбирають під поверхнею води, краще у верхній третині загальної глибини, як правило, на глибині до 50 см.

Водосховища, озера, ставки. Проби води відбирають на стаціонарних точках, розміщених по акваторії, і, як правило, на глибинах – біля поверхні (0,2-0,5 м) та біля дна (0,5 м). На проміжних глибинах проби відбирають залежно від термічної стратифікації та при спеціальних дослідженнях.

Змішану пробу у водосховищах, озерах та ставках відбирати не рекомендується тому, що в стоячих водах, внаслідок великої різниці між хімічним складом проб у різних місцях, окремі компоненти при змішуванні води можуть взаємодіяти між собою. Через це якість води не відповідатиме хімічному складу окремих проб, який був характерним до їх змішування.

Атмосферні опади (дощ, сніг), лід. Хімічний склад атмосферних опадів формується в основному у повітрі, і після їх випадання на поверхню землі опади перетворюються у різновид природних вод.

Пробу дощової води вловлюють широкою лійкою (скляною або пластиковою). Якщо треба визначити середній хімічний склад дощової води, то її відбирають протягом усього часу випадання дощу. При необхідності визначити якість чистої дощової води пробу відбирають через 5-10 хвилин після початку дощу.

Сніг уловлюють у лійку або в широку та глибоку чашку і розморожують. Снігове покриття відбирають у тих місцях, де його шар найтовщий. Спочатку лопатою знімають верхній шар, який відкидають, а потім заповнюють снігом широкогорлий посуд.

Лід відбирають шматками з різних місць, очищують поверхню долотом або ножем, кладуть в чашку і витримують деякий час, а потім переносять у широкогорлий посуд, у якому розморожують при кімнатній температурі. Дрібні шматочки льоду насипають у лійку Бюхнера, змивають гарячою дистильованою водою і переносять у посуд для проби.

7.3. Підготовка води до аналізу

Для одержання достовірних результатів аналіз необхідно проводити якомога швидше. У воді відбуваються процеси окиснення-відновлення, фізико-хімічні, біохімічні, викликані діяльністю мікроорганізмів, сорбції, десорбції, седиментації тощо. Можуть змінюватися і органолептичні властивості води – запах, колір тощо. Деякі сполуки або йони окремих елементів здатні адсорбуватися на стінках посуду (Ферум, Алюміній, Купрум, Кадмій, Манган), а зі скла бутлів можуть вилугувуватися мікроелементи. Якщо неможливо дослідити воду у встановлені для відповідних показників терміни (табл. 10) її охолоджують або консервують.

Біохімічні процеси у воді можна уповільнити, охолодивши її до 4°C. У цих умовах повільніше розкладається і більшість органічних сполук.

Після відбору проби іде її підготовка до аналізу, яка відбувається у декілька стадій:

- консервація, транспортування та зберігання проб води;
- визначення хімічних інгредієнтів у розчиненому стані, колоїдно-дисперсній формі та зависях;
- концентрування мікрокомпонентів;
- усунення речовин, що заважають аналізу.

7.4. Консервація, транспортування та зберігання проб води

Консервація проб води має на меті зберегти їх фізичні властивості та хімічний склад в такому стані, в якому вони були у момент відбору проби. Консервацію проводять у тих випадках, коли немає можливості виконати аналіз на місці відбору. Однак треба пам'ятати, що консервація проб води не може повністю запобігти зміні їхнього хімічного складу, яка зумовлена протіканням у воді різноманітних фізико-хімічних та біологічних процесів.

Універсального методу консервації природних вод немає, тому часто для визначення різних інгредієнтів відбирають окремі проби води і по-різному їх консервують.

Проби води не консервують їх не можна консервувати при визначенні багатьох показників: температури, E_h , CO_2 , HCO_3^- , кислотності, лужності, сульфідів, озону, хлору, біохімічного споживання кисню, смаку, запаху, кольоровості, розчиненого кисню, зависей, каламутності, щільності, прозорості, питомої електропровідності, розчинених речовин, рН, ароматичних вуглеводнів, жирних кислот, фенолів, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , боратів.

Найбільш поширеними консервантами води є такі:

- 1 см³ концентрованої сульфатної кислоти на 1 дм³ води;
- 5 см³ концентрованої нітратної кислоти на 1 дм³ води;
- 2 - 4 см³ хлороформу на 1 дм³ води.

Іноді застосовують спеціальні способи консервації, які пов'язані з хімічними властивостями визначуваного інгредієнта. Наприклад, для

визначення загального вмісту феруму пробу консервують, додаючи 25 см³ концентрованої нітратної кислоти на 1 дм³ води. При цьому гідроксиди та інші малорозчинні сполуки ферум(II, III), а також їх комплекси з органічними речовинами природних вод розкладаються і всі форми феруму переходять в аква-йони Fe³⁺, які визначають фотометрично. Якщо потрібно окремо визначити вміст феруму(II) та феруму(III), то пробу води консервують сумішшю ацетатної кислоти з натрій ацетатом і зберігають, не допускаючи контакту з повітрям. Для визначення розчинених сульфідів пробу консервують, додаючи до 1 дм³ води 10 см³ 10% розчину кадмій або цинк ацетату. При цьому осідають малорозчинні сульфідні цих металів, які тривалий час зберігаються і можуть бути потім визначені після їх розчинення в сульфатній кислоті.

Для транспортування проби води відбирають у скляний або поліетиленовий посуд з пробками і герметично закривають. Треба стежити за тим, щоб під пробкою не залишалися пухирці повітря. Проби води бажано зберігати в холодильнику при температурі 3-4°C. Аналізувати проби починають після того, як їх температура зрівняється з кімнатною.

Додаток В. Показники якості води в регіонах України

Частки нестандартних проб водопровідної та артезіанської води по найбільш поширеним показникам в областях України (2022, %)

Показники проб водопровідної води							
Область	Основні показники (%)						
	Мутніс ть	Кольорові сть	Мінераліза ція	Заліз о	Манг ан	Нітра ти	Твердіс ть
Херсонська	67	18	9	28	48	12	58
Миколаївська	59	20	5	35	45	10	55
Одеська	62	25	7	30	50	8	60
Запорізька	60	22	6	40	52	11	50
Київська	44	53	1	27	52	3	5
Чернігівська	48	51	6	25	30	3	5
Черкаська	44	52	9	21	11	17	33
Кіровоградська	53	40	13	29	-	-	35
Сумська	44	8	4	30	-	15	15
Полтавська	41	30	53	33	46	7	17
Хмельницька	51	2	0	8	38	5	52
Житомирська	69	30	3	43	73	23	35
Вінницька	50	13	6	12	40	16	47
Львівська	42	15	4	18	35	5	45
Тернопільська	50	13	3	16	30	7	40
Івано-Франківська	46	10	2	25	28	6	43
Закарпатська	48	18	5	22	40	4	50
Харківська	54	28	6	40	50	11	57
Дніпропетр.	63	25	9	42	55	10	60

Показники проб артеріальної води							
Хмельницька	65	1	4	43	40	16	65
Житомирська	69	20	6	55	76	16	34
Вінницька	51	5	8	38	57	24	67
Полтавська	71	28	39	64	61	11	46
Кіровоградська	36	11	39	31	40	42	78
Сумська	80	14	8	68	44	14	38
Черкаська	70	26	11	54	52	23	54

Продовження таблиці 2.1.

Чернігівська	85	40	5	78	73	8	34
Київська	70	20	3	59	65	10	21
Херсонська	74	18	7	47	62	14	70
Миколаївська	68	22	9	55	52	16	66
Одеська	77	30	10	50	60	12	72
Запорізька	66	20	6	53	58	11	65
Львівська	63	18	5	42	48	9	60
Тернопільська	56	22	3	40	45	11	58
Івано-Франківська	61	14	4	43	51	10	62
Закарпатська	55	25	6	39	47	12	59
Харківська	63	24	7	51	59	13	68
Дніпропетров.	61	21	9	50	55	14	69

* у таблиці відсутні дані про Донецьку, Луганську області та АР Крим

Додаток Г. Технологічні схеми з підготовки питної води

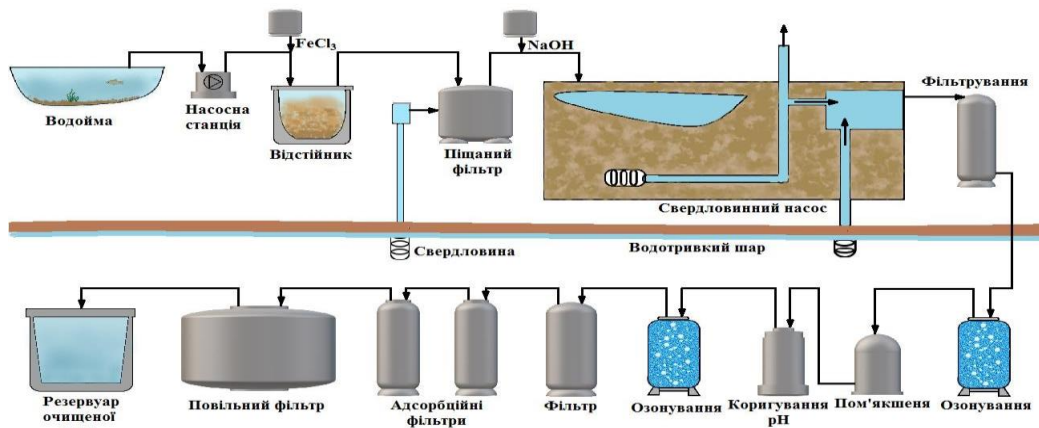


Рис. 2.1. Схема підготовки питної води в Нідерландах

Комбінована схема передбачає наступну систему підготовки води: коагуляцію (разом зі завислими речовинами з води видаляються фосфати, частина розчинних органічних сполук, віруси, важкі метали) з подальшим розподілом води за допомогою каналів у піщані дюни (грунти). Така інфільтрація може тривати до двох місяців. За цей період відбувається подальше підвищення якості води: руйнуються нітрати, видаляються мікрокількості органічних сполук та затримується більше 99% фекальних бактерій та вірусів. Після інфільтрації воду насичують киснем, фільтрують та озонують (при цьому частково руйнуються органічні речовини, пестициди, гинуть патогенні віруси та бактерії, які видаляються при подальшій фільтрації).

Після вторинного озонування вода підлягає двоступеневому адсорбційному очищенню, в процесі якого відбувається глибоке видалення мікрокількостей органічних речовин за рахунок фізичної адсорбції та біологічного окиснення. Після адсорбційних фільтрів воду пропускають через повільні піщані фільтри, де остаточно затримуються залишки бактерій та слідові кількості органічних сполук. Наведена схема може слугувати також прикладом безхлорної технології.

На рис. 2.2 наведено схему підготовки питної води з Цюріхського озера.



Рисунок 2.2 – Схема підготовки питної води з Цюріхського озера.

Технологія передбачає подвійне озонування, швидке фільтрування, адсорбцію на активованому вугіллі, повільне фільтрування, коригування рН.

Прикладом підготовки води питного призначення з використанням сльозабрудненої водиповверхневого джерела є запатентовано у Великобританії технологія. Спрощену принципову схему наведено на рис.

2.3. Вода із забрудненого поверхневого джерела проходить попереднє очищення з використанням коагуляції та відстоювання. Далі вода після резервуара-накопичувача проходить фільтр грубого очищення, потім дві ступені фільтрування через завантаження різної крупності, перед першою стадією до води дозують коагулянт та флокулянт, тобто здійснюється контактна коагуляція (—in line filtration—).

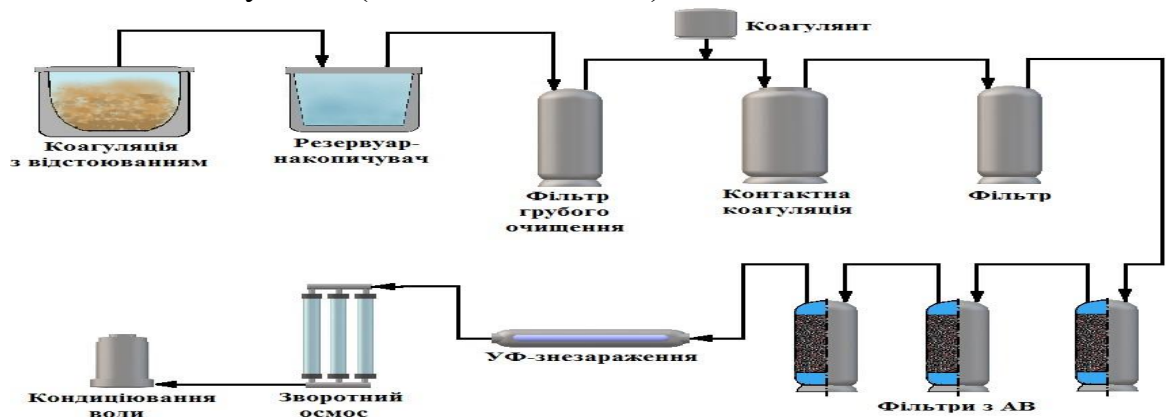


Рисунок 2.3 – Схема підготовки питної води з поверхневого джерела в Великобританії.

Далі передбачається декілька ступеней сорбції на активованому вугіллі та знезараження води за допомогою УФ-опромінення. Заключна стадія передбачає глибоке доочищення на установках зворотного осмосу та кондиціонування води за мінеральними компонентами.

У Намібії для підготовки питної води використовують переважно поверхневі джерела і значно менше – ґрунтові водию Реалізація технологічної схеми передбачає наступні процеси (рис. 2.4). На першій стадії воду озонують та напвляють на споруди, де відбувається коагуляціяфлокуляція. Далі вода проходить флотатор та фільтрацію на двох шарових фільтрах, знову озонування і далі адсорбційний фільтр, завантажений БАВ, потім дві ступені адсорбційного очищення за опомогою АВ.

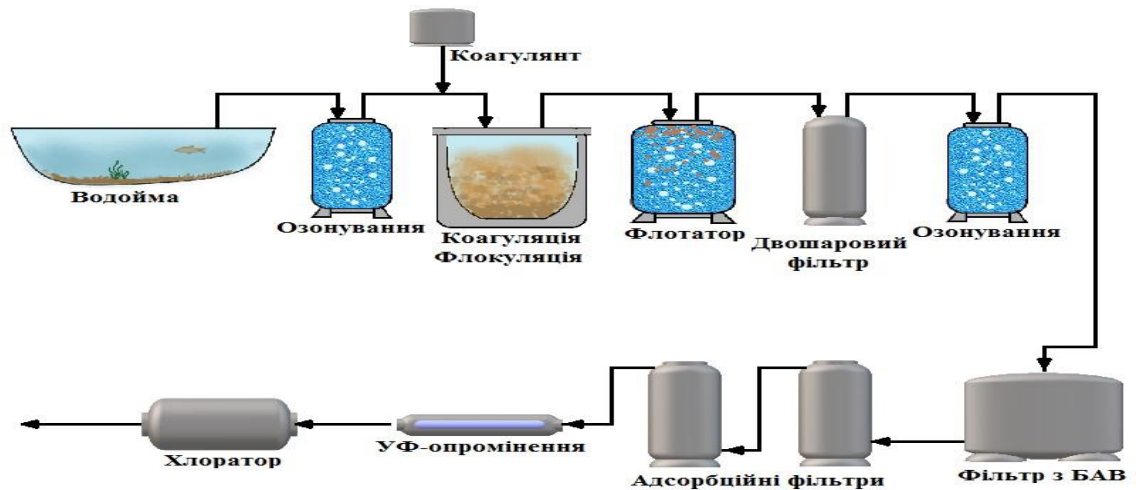
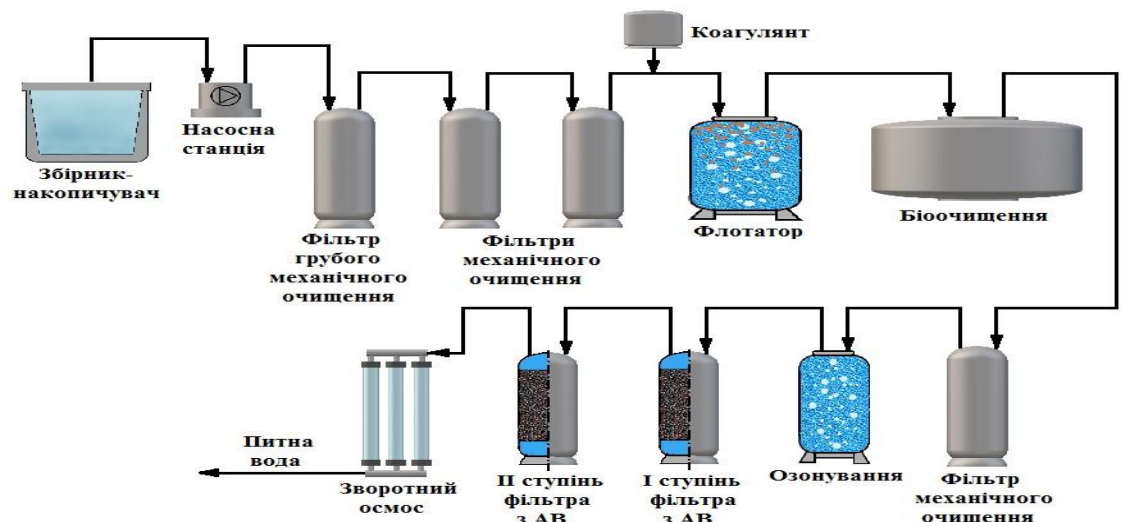


Рисунок 2.4 – Схема підготовки питної води в Намібії.

Заключними стадіями є знезараження: послідовно УФ-опромінення та хлорування. Якість води, одержаної за даною технологією, навіть перевищує вимоги, що висуваться до питної води.

На рис. 2.5 наведено схему підготовки питної води з використанням біологічних процесів. На станції передбачено фільтри грубого механічного очищення, далі декілька ступенів фільтрування, реагентну флотацію з використанням коагулянтів та флокулянтів. Після флотації вода надходить на споруди біохімічного очищення. Наступні стадії включають глибоке знезараження у декілька ступенів. Спочатку воду піддають озонуванню, далі передбачено дві ступені фільтрування на АВ. На першій ступені видаляються органічні сполуки у певному інтервалі молекулярних мас, на другій – мікрокількості пестицидів та інших токсичних сполук.



Заключне видалення патогенних мікрофлори та вірусів здійснюється на стадії обробки води за допомогою зворотного осмосу.

Багатостадійна комплексна технологія підготовки питної води застосовується у Франції (м. Іврі-сюр-Сен). Перша стадія підготовки води передбачає попереднє озонування (рис. 2.6), далі послідовно вода проходить стадію коагуляції (у якості коагулянта використовується FeCl_3). Одночасно можна додавати порошкове АВ (ПАВ), якщо має місце критична ситуація. Дві наступні стадії ґрунтуються на використанні контактної коагуляції з FeCl_3 і здійснюються на двох різних типах завантаження: спеціальне біологічно активне завантаження «Biolite» та кварцовий пісок.

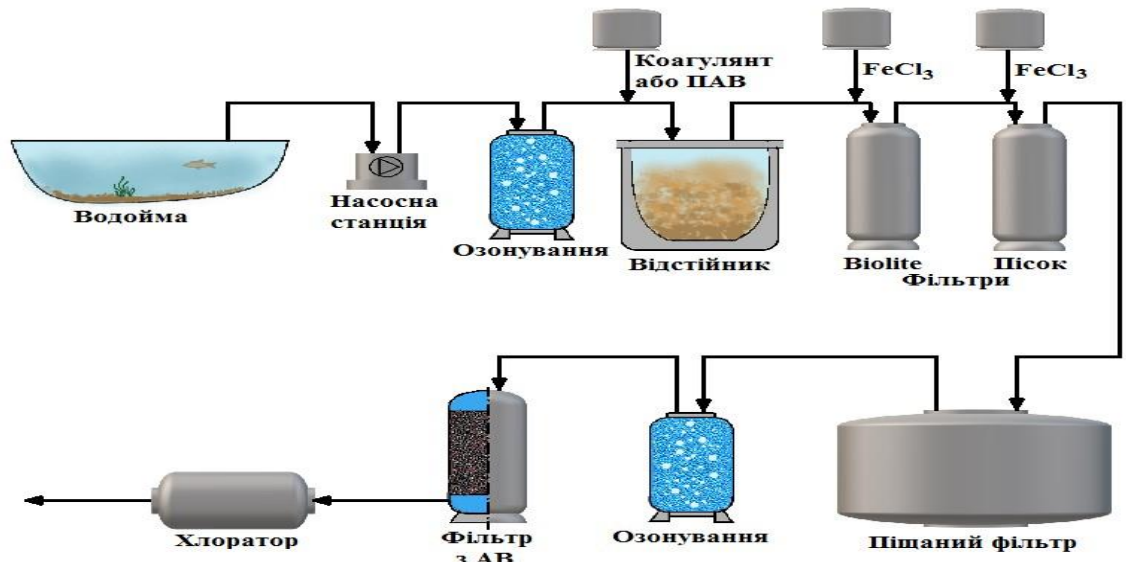


Рисунок 2.6 – Схема підготовки питної води в Іврі-сюр-Сен (Париж).

Далі після проходження піщаного фільтру воду озонують та направляють на фільтр з АВ. Заключне знезараження здійснюють за допомогою хлорування.

Традиційні схеми підготовки питної води наведено на рис. 2.7-2.11.

Схеми 2.7-2.11 відрізняються послідовністю деяких стадій або передбачають суміщення стадій, які є обов'язковими в процесах обробки води з природних поверхневих джерел.

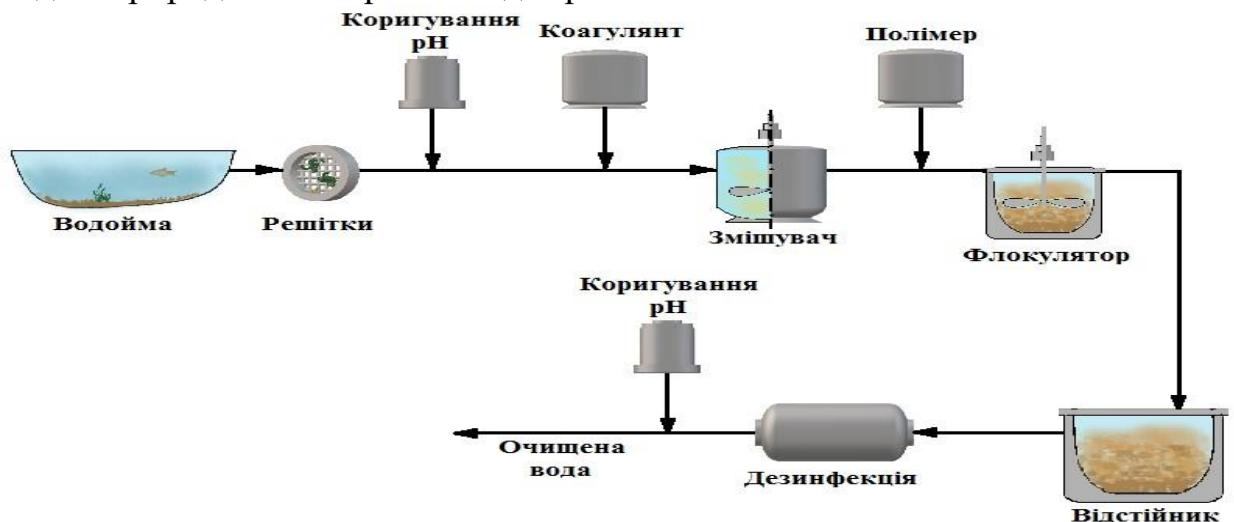


Рисунок 2.7 – Схема традиційного процесу водопідготовки без фільтрації.

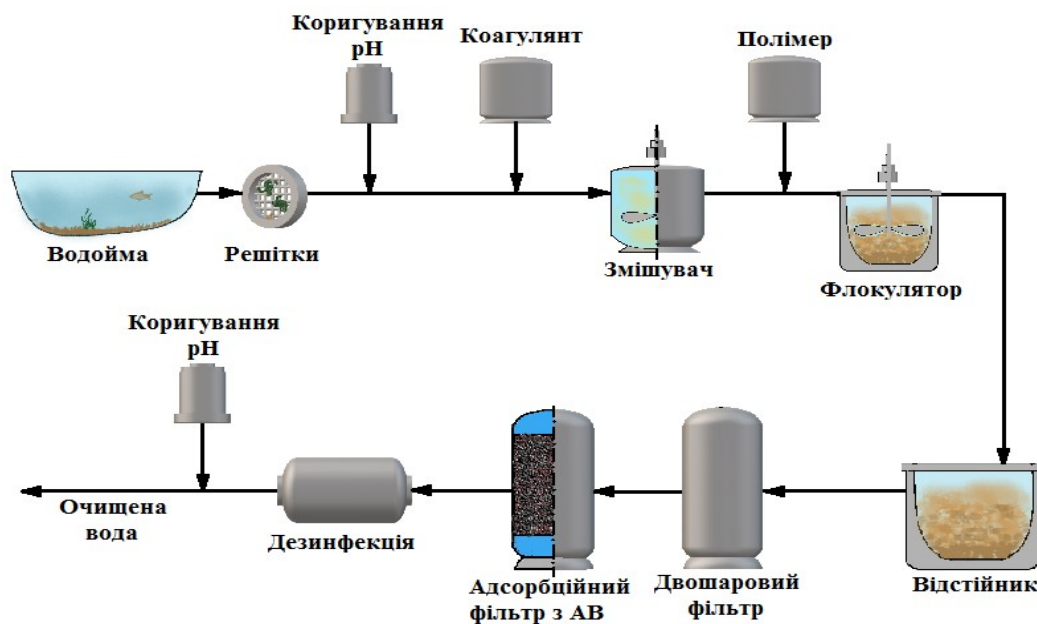


Рисунок 2.8 – Схема традиційного процесу водопідготовки.

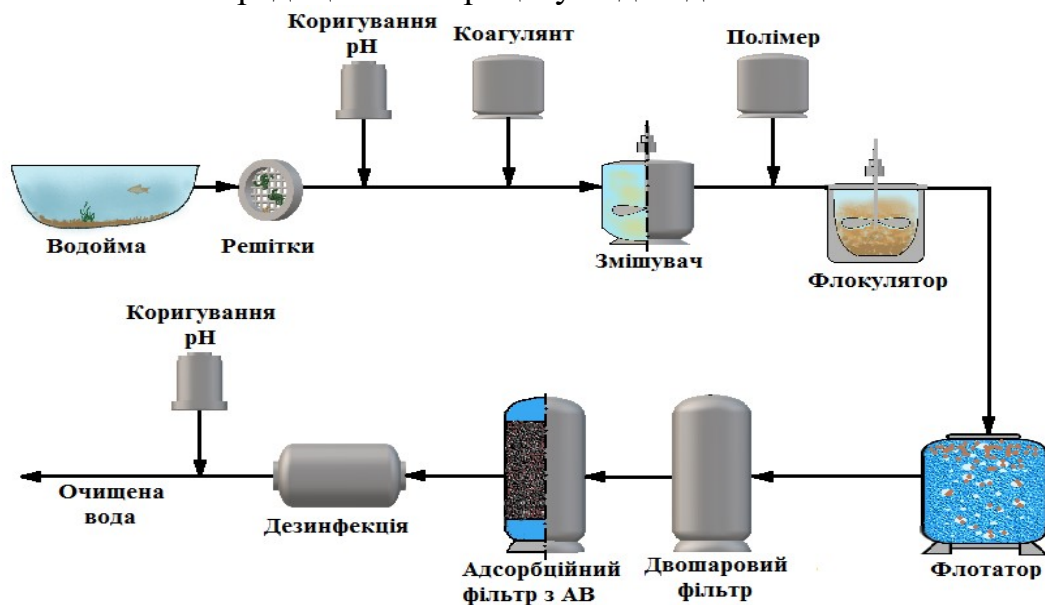


Рисунок 2.9 – Схема водоочищення зі стадією флоатації.

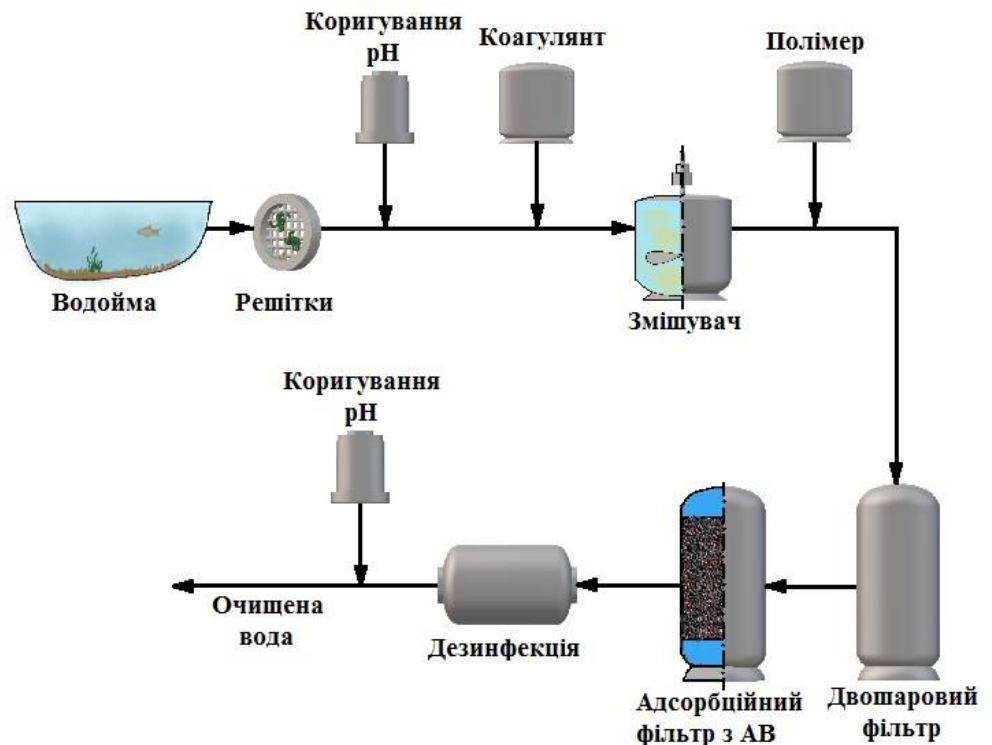


Рисунок 2.10 – Схема водоочищення з прямою фільтрацією.



Рисунок 2.11 – Схема водоочищення з контактною коагуляцією.

Типову схему очищення води від природних органічних речовин за допомогою контактної коагуляції, яка широко використовується у Норвегії, наведено на рис. 2.12. В якості коагулянту зазвичай використовується прегідролізований хлорид алюмінію (РАХ) або сполуки феруму, а як флокулянт у Норвегії найчастіше застосовують хітозан. Вапно додається до вихідної та очищеної води для підвищення рН, інтенсифікації коагуляції та запобігання корозійних процесів. Для більшості норвезьких водоканалів характерним є хлорування води з

метою забезпечення тривалої мікробіологічної безпечності протягом руху води у мережі.

На рис. 2.13 наведено альтернативні схеми для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації.

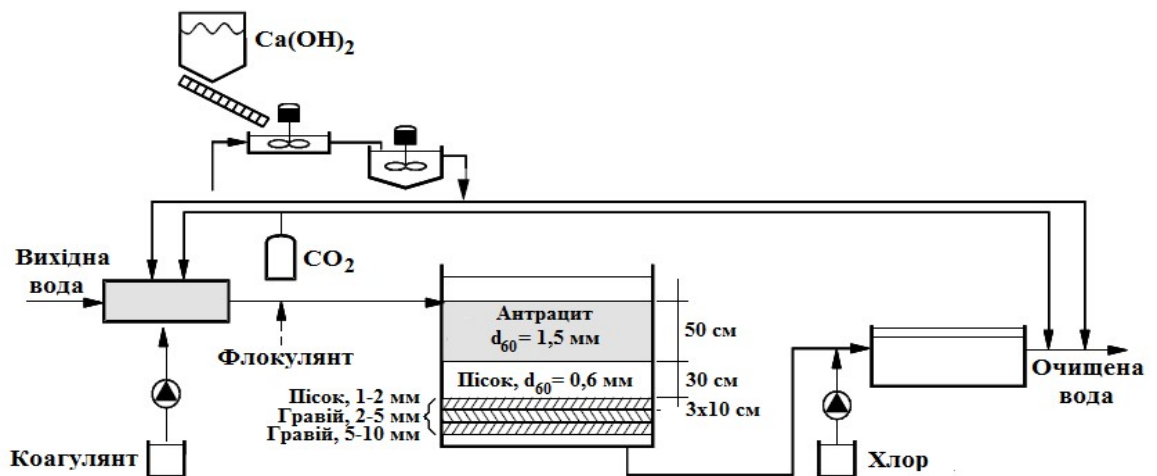


Рисунок 2.12 – Типова схема очищення води від природних органічних речовин на основі контактної фільтрації у Норвегії.

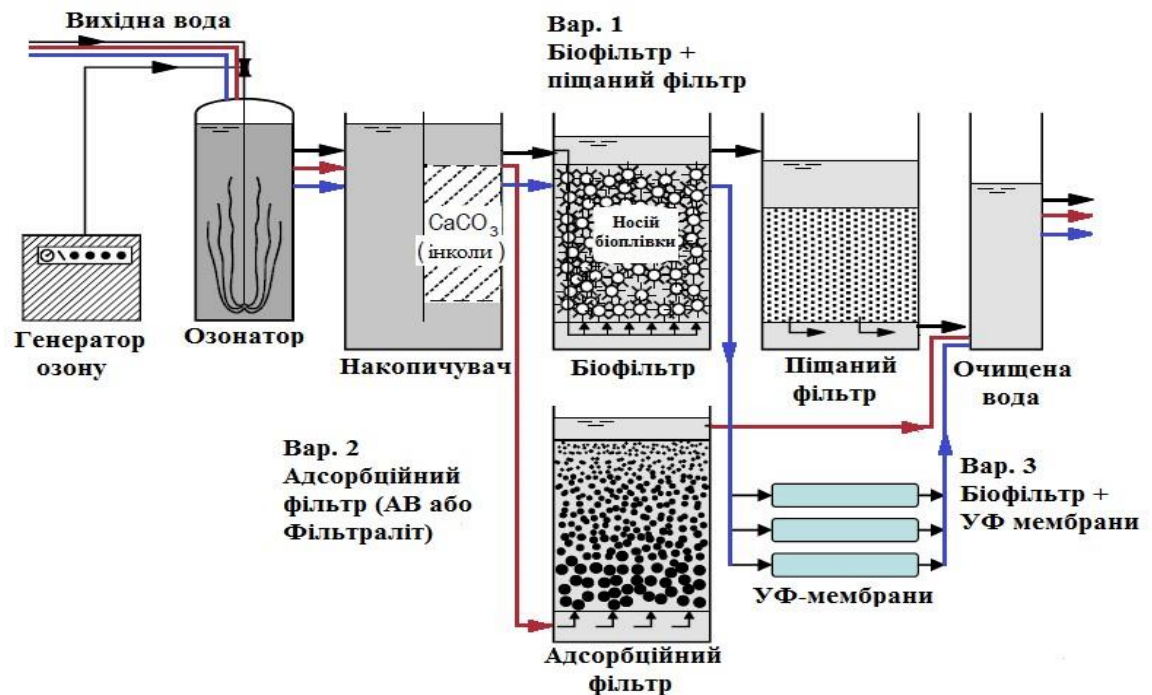


Рисунок 2.13 – Варіанти схем для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації.

В усіх трьох схемах спочатку вода піддається дії озону з метою руйнування гумінових сполук, які малоефективно видаляються біологічними методами, оскільки вже є кінцевими продуктами розпаду природних органічних матеріалів. Потім вода може поступати на біофільтр або адсорбційний фільтр або УФ-мембрани для очищення від органічних речовин.

Переваги багатоступневих схем підготовки води, які укомплектовані додатково до традиційних прийомів очищення озонуванням, фільтруванням через активоване вугілля та використовують методи інтенсифікації процесів очищення, такі, як збільшення турбулентності під час внесення коагулянтів флокулянтів та оптимізація гідравлічного режиму на стадії освітлення, забезпечують вищу якість води у порівнянні з традиційними прийомами коагулювання та фільтрування.

Найпоширенішим методом знезараження води у більшості технологічних схем залишається хлорування, хоча використання, хоча використання хлорованої води може спричинити підвищений ризик канцерогенних захворювань і порушення репродуктивних функцій людини. Сучасні технології знезараження все більше використовують енергію УФ випромінювання.

Взагалі вибір методу знезараження питної води залежить від якості природної води і технології її підготовки, що повинна забезпечити певний рівень біологічної стабільності води, враховуючи стан системи водорозподілу.