

Міністерство освіти і науки України

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Навчально-науковий медичний інститут

Кафедра екології

**Оцінювання стану системи питного водопостачання в
місті Первомайськ**

Дипломна робота бакалавра
за спеціальністю 101 «Екологія»

Виконавець:
Студентка IV курсу, 421 групи
Шевчук Анастасія Вікторівна

Науковий керівник:
к.т.н., доцент
Крисінська Д. О.

Миколаїв – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Навчально-науковий медичний інститут

Перший рівень вищої освіти – БАКАЛАВР

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології

_____ Л.І.Григор'єва

р.

ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Студенту _____ Шевчук Анастасії Вікторівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи __ Оцінювання стану системи питного водопостачання в місті Первомайськ затверджена наказом ЧНУ імені Петра Могили від «11» березня 2026 р. № 41

2. Завдання дослідження (перелік питань, що підлягають дослідженню в алгоритмічній формі):

1. Проаналізувати літературні джерела та нормативно-законодавчу базу щодо оцінювання стану системи питного водопостачання в Україні та закордоном.
2. Проаналізувати дані санітарно-епідеміологічних показників якості питної води у місті Первомайськ.
3. Дослідити ключові закономірності факторів впливу на якість питної води в місті Первомайськ.
4. Сформулювати висновки та пропозиції.

Календарний план виконання роботи

№	Розділ ДРБ	Дата виконання
1	Вступ	Листопад 2025
2	Розділ 1. Аналіз інформації за темою	Січень 2026
3	Розділ 2. Об'єкт, предмет і методи дослідження	Лютий 2026
4	Розділ 3. Результати досліджень	Березень 2026
5	Розділ 4. Узагальнення результатів дослідження	Квітень 2026
6	Розділ 5. Охорона праці та цивільний захист	Травень 2026
7	Висновки і пропозиції	Травень 2026

Дата видачі завдання _____ жовтень 2025

Керівник дипломної роботи бакалавра _____ Крисінська Д.О.

підпис

Завдання прийняв до виконання (дата) _____ Шевчук А. В.

Зміст

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	7
1.1. Характеристика системи питного водопостачання Миколаївської області та м. Первомайськ	7
1.2 Аналіз нормативно-законодавчої бази галузі питного водопостачання в Україні та закордоном.....	11
1.3 Стан галузі питного водопостачання закордоном	18
1.4 Загальна характеристика технології підготовки питної води в Україні та закордоном	22
1.5 Висновки до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	30
2.1 Об'єкт дослідження.....	3-
2.1.1 Фізико-географічні та гідрологічні особливості джерела водопостачання	31
2.1.2 Технологічна структура очисних споруд водозабору.....	32
2.1.3 Стан та специфіка розподільної мережі.....	32
2.1.4 Перспективи змін стану системи водопостачання.....	34
2.2. Предмет дослідження.....	34
2.2.1 Екологічний стан та динаміка джерела водозабору.....	35
2.2.2. Гідрохімічні показники якості води.....	35
2.2.3. Санітарно-екологічні та токсикологічні параметри.....	35
2.3 Методи дослідження	36
2.4 Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	39
3.1 Аналіз санітарно-епідеміологічних показників якості питної води у м. Первомайськ	39
3.2. Визначення ключових факторів впливу на якість питної води в місті Первомайськ	46
3.3. Висновки до розділу 3.....	48
РОЗДІЛ 4. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	50
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ СИСТЕМИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	53
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ДСанПіН – державні санітарні норми та правила

РЧВ - резервуар чистої води

ОСВ - осади стічних вод

ПАР - Південно-Африканської Республіки

ГДК - гранично допустима концентрація

ЄС – європейський Союз

ПБВ - план безпеки води

PFAS - пер- та поліфторалкільні речовини

SDWA - закон про безпеку питної води

ЕРА - агентство з охорони довкілля США

ВООЗ - всесвітня організація охорони здоров'я

ЮНІСЕФ - дитячий фонд Організації Об'єднаних Націй

NEWater - означає високоякісну відновлену (рекультивовану) воду

ГАВ - графіки аварійних відключень

СЕС (ЄКО) - ємність катіонного обміну

НС - надзвичайна ситуація

ВПО - внутрішньо переміщена особа

РЦВ - регіональний центр відходів

НЕФКО - північна екологічна фінансова корпорація

ХСК і БСК - хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню

ПО - програмне забезпечення або екологічний податок

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина

ДСТ - Державний стандарт України

НПАОП - Нормативно-правовий акт з охорони праці

ВСТУП

Забезпечення населення якісною питною водою є однією з найважливіших передумов збереження здоров'я населення, підтримання належного санітарно-епідеміологічного благополуччя та сталого соціально-економічного розвитку регіонів. В умовах антропогенного навантаження, кліматичних змін та транскордонного забруднення водних об'єктів, проблема дефіциту питної води в Україні набула статусу загрози національній безпеці. Особливо гостро ця проблема постає в південних регіонах України, зокрема в Миколаївській області, яка традиційно належить до вододефіцитних територій і характеризується високим рівнем техногенного навантаження на водні екосистеми.

Місто Первомайськ – другий за величиною промисловий та культурний центр Миколаївщини, екологічний стан системи питного водопостачання якого сьогодні викликає серйозне занепокоєння. Основним джерелом питного водопостачання міста є річка Південний Буг. Проте якість води у річці в межах Первомайського водозабору суттєво погіршується під впливом комплексу чинників: скидання недостатньо очищених стічних вод вище за течією, змивів з сільськогосподарських угідь, а також через цвітіння води у літній період, спричинене евтрофікацією. За сучасними екологічними оцінками, якість поверхневих вод у цьому створі періодично коливається від «задовільної» до «небажаної» за гідрохімічними та санітарно-токсикологічними показниками.

Ситуація ускладнюється критичним технічним станом самої інфраструктури водопостачання. Застарілі технології водо підготовки на очисних спорудах міста не здатні повноцінно затримувати специфічні мікро забруднювачі, а високий рівень зношеності розподільних водопровідних мереж призводить до вторинного забруднення води на шляху до споживача та значних її втрат. Окрім цього, сучасні виклики, пов'язані з повномасштабним військовим вторгненням РФ, руйнуванням енергетичної інфраструктури та постійними перебоями у живленні насосних станцій, створили додаткові техногенні ризики для стабільного функціонування системи.

У зв'язку з цим виникає нагальна потреба в комплексному екологічному оцінюванні поточного стану системи питного водопостачання м. Первомайськ, аналізі динаміки показників якості води та розробці дієвих рекомендацій щодо екологізації системи водокористування. Все це зумовлює високу актуальність, практичну та теоретичну значущість теми дипломної роботи.

Мета: оцінити стан системи питного водопостачання в місті Первомайськ.

Об'єкт - система питного водопостачання.

Предмет дослідження – екологічний стан, гідрохімічні та санітарно-екологічні показники якості води системи водопостачання у м. Первомайськ.

Завдання:

1. Проаналізувати літературні джерела та нормативно-законодавчу базу щодо оцінювання стану системи питного водопостачання в Україні та закордоном.

2. Проаналізувати дані санітарно-епідеміологічних показників якості питної води у м. Первомайськ.

3. Дослідити ключові закономірності факторів впливу на якість питної води в м. Первомайськ.

4. Сформулювати висновки та пропозиції.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1.1. Загальна характеристика системи питного водопостачання Миколаївської області та м. Первомайськ

1.1.1. Еколого-гідрологічні особливості та стан водопостачання Миколаївської області

Миколаївська область розташована на півдні України, в межах Причорноморської низовини, і належить до регіонів із вираженим дефіцитом водних ресурсів. Специфіка географічного положення, посушливий клімат (зона ризикованого землеробства) та висока щільність антропогенного навантаження зумовлюють надзвичайну складність забезпечення населення якісною питною водою. Водогосподарський комплекс області базується на використанні як поверхневих, так і підземних вод, проте їх розподіл є вкрай нерівномірним, а природна якість часто не відповідає сучасним санітарно-гігієнічним вимогам.

Головними артеріями поверхневого стоку в регіоні є річки Південний Буг, Дніпро (у пониззі), Інгул та Інгулець. Поверхневі джерела забезпечують понад 70% загального обсягу питного водоспоживання області. Проте екологічний стан цих водних об'єктів оцінюється як напружений. Транскордонне та міжрегіональне забруднення, скиди промислових і комунальних стічних вод вище за течією, а також масштабний площинний змив хімікатів з аграрних угідь призводять до прогресуючої евтрофікації (цвітіння води) та накопичення у водних екосистемах сполук азоту, фосфору, важких металів та нафтопродуктів. У літній період через зниження водності річок та високі температури процеси самоочищення водою уповільнюються, що критично погіршує органолептичні та хімічні показники вихідної води.

Підземні водні джерела (артезіанські свердловини, колодязі) інтенсивно використовуються переважно у сільських районах області та невеликих містечках. Вони захищені від безпосереднього поверхневого

забруднення краще, ніж річки, проте мають інші суттєві недоліки. Південно-Український гідрогеологічний район характеризується високою природною мінералізацією водоносних горизонтів. Прісні підземні води часто мають підвищений вміст сухих речовин, сульфатів, хлоридів, а також заліза та марганцю. У багатьох районах області вода з підземних джерел без попереднього глибокого знесолення (наприклад, зворотного осмосу) є непридатною для постійного питного споживання, оскільки її жорсткість і сухий залишок у кілька разів перевищують нормативи ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Додатковим деструктивним чинником для всієї водопровідної інфраструктури Миколаївщини стали наслідки військових дій. Пошкодження великих водогонів (зокрема, історична криза з водопостачанням обласного центру через руйнування водоводу Дніпро-Миколаїв), нестабільність енергосистеми та систематичні гідроудари в мережах призвели до прискореного зносу комунальних комунікацій. Як наслідок, загальний рівень амортизації водопровідних мереж в області перевищує 60-70%, що генерує величезні втрати транспортуємої води та зумовлює ризики її вторинного мікробіологічного забруднення.

1.1.2. Структура та специфіка функціонування системи водопостачання міста Первомайськ

Місто Первомайськ є другим за величиною урбанізованим і промисловим центром Миколаївської області. Воно розташоване у північно-західній частині регіону, в місці злиття річок Південний Буг, Синюха та Кодима. Така локалізація визначає структуру його водогосподарського комплексу. Основним і практично єдиним безальтернативним джерелом централізованого питного водопостачання для переважної більшості населення міста є річка Південний Буг.

Централізовану систему водопостачання та водовідведення міста експлуатує комунальне підприємство «Первомайськводоканал». Технологічна

схема забезпечення міста водою є класичною для поверхневих водозаборів і включає такі основні елементи:

- ✓ русловий водозабірний вузол (насосна станція першого підйому);
- ✓ комплекс очисних споруд водопроводу (ОСВ);
- ✓ насосні станції другого та третього підйомів;
- ✓ резервуари чистої води (РЧВ);
- ✓ розподільну магістральну та тупикову водопровідну мережу.

Забір вихідної води здійснюється з річки Південний Буг. Технологічний процес очищення на ОСВ міста розрахований на традиційні методи освітлення та знезараження. Вона включає реагентну обробку (коагуляцію та флокуляцію) для осадження завислих речовин, відстоювання у горизонтальних відстійниках, фільтрацію через швидкі піщані фільтри та первинне й вторинне хлорування рідким хлором або гіпохлоритом натрію для забезпечення мікробіологічної безпеки.

Проте екологічна та інженерна ефективність цієї системи на сьогодні є недостатньою. Проектні рішення очисних споруд закладалися ще у другій половині ХХ століття і були розраховані на значно кращу якість вихідної річкової води. Сучасний екологічний стан Південного Бугу в районі Первомайська характеризується значними сезонними коливаннями. Навесні спостерігається висока каламутність і вміст органіки через змиви з полів, а влітку — різке зростання концентрації фітопланктону та синьо-зелених водоростей. Традиційна коагуляція та фільтрація не здатні повністю видалити розчинені органічні сполуки та антропогенні токсиканти (пестициди, залишки ПАВ). Крім того, хлорування води з високим вмістом екологічної органіки призводить до небезпечного побічного ефекту — утворення канцерогенних хлорорганічних сполук (зокрема, тригалометанів).

Окремою гострою проблемою Первомайська є стан розподільних мереж. Протяжність міського водопроводу становить десятки кілометрів, і значна частина труб (сталевих та чавунних) була прокладена понад 40–50 років тому. Через тривалу експлуатацію внутрішня поверхня труб покрита

шаром корозійних відкладень та біоплівок. За умов нестабільного тиску в мережі, викликаного аварійними відключеннями електроенергії або проривами, відбувається відшарування цих відкладень. Це викликає явище вторинного забруднення: вода, яка виходить з очисних споруд цілком кондиційною, до кінцевого споживача в багатоквартирних будинках доходить із підвищеною каламутністю, високим вмістом заліза (іржа) та погіршеними органолептичними властивостями (смак, запах).

Також слід зазначити, що частина правобережної сторони міста та приватного сектору частково залишається децентралізованою і використовує шахтні колодязі або індивідуальні свердловини, які живляться з верховодки та першого безтискового водоносного горизонту. Ці джерела є вкрай вразливими до фільтрації неочищених стічних вод із вигрібних ям приватних домоволодінь, що зумовлює хронічно високий рівень нітратного забруднення в цих локаціях.

Таким чином, система питного водопостачання міста Первомайськ є типовим прикладом інфраструктурного об'єкта, який функціонує в умовах прогресуючого виснаження та погіршення екологічного стану поверхневого джерела водозабору на тлі значного технічного зносу основних фондів. Комплексна екологічна оцінка цієї системи є критично необхідною для розробки стратегії її поетапної модернізації та переходу на більш безпечні й адаптивні технології водопідготовки

1.2 Аналіз нормативно-законодавчої бази галузі питного водопостачання в Україні та закордоном

Нормативно-правове регулювання у сфері питного водопостачання в Україні базується на принципах пріоритетності захисту життя і здоров'я людини, державного контролю за якістю води та раціонального використання водних ресурсів. Фундаментом законодавчої бази є Водний кодекс України, який визначає правові основи збереження, екологічного оздоровлення та відтворення водного фонду, а також право громадян на загальне та спеціальне водокористування.

Профільним законом, що безпосередньо регулює відносини у зазначеній галузі, є Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення». Цей документ визначає державну політику, стандарти та правові засади функціонування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства. Він гарантує право споживачів на забезпечення кондиційною водою в необхідних обсягах, встановлює зони санітарної охорони навколо джерел водозабору та визначає відповідальність за порушення екологічних норм.

Головним інструментом контролю безпосередньо екологічної та гігієнічної якості води є ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Цей норматив жорстко регламентує гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних, мікробіологічних, паразитологічних та радіологічних показників для централізованого, децентралізованого та фасованого водопостачання.

У контексті євроінтеграційних процесів нормативна база України зазнає системної трансформації відповідно до вимог Директиви ЄС 2020/2184 про якість води, призначеної для споживання людиною. Впроваджується басейновий принцип управління водними ресурсами та розробка Планів безпеки води (ПБВ), що передбачають оцінювання екологічних ризиків на всьому шляху — від водозабору до кінцевого споживача. Таким чином, сучасна законодавча система створює необхідне правове поле, проте її практична реалізація часто ускладнюється зношеністю інфраструктури та недостатнім фінансуванням екологічних програм на місцях. Серед найпоширеніших причин невідповідності води гігієнічним стандартам часто фіксують перевищення показника жорсткості. За даними спеціалістів лабораторії «УкрХімАналіз», приблизно половина зразків води, що надходять на аналіз, не відповідає нормам саме через високий рівень цього параметра. Відповідно до нормативів, допустимий рівень жорсткості води не повинен перевищувати 7 ммоль/дм³[6].

Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» був ухвалений ще до того, як Україна набула статусу кандидата на вступ до Європейського Союзу. У зв'язку з цим постала необхідність адаптувати національне законодавство у сфері питного водопостачання до вимог ЄС. Це, своєю чергою, передбачає внесення змін до Закону України «Про водовідведення та очищення стічних вод».

У рамках цієї ініціативи розроблено проєкт Закону України «Про внесення змін до законів України щодо удосконалення норм законодавства у сфері питного водопостачання та водовідведення». Цей законопроект спрямований на приведення норм чинного законодавства у відповідність із європейськими стандартами, що має забезпечити ефективну роботу систем водопостачання й водовідведення, створення комфортних умов для життя людей і мінімізацію шкоди, завданої довкіллю.

Запропоновані зміни охоплюють три основні напрями:

1. Удосконалення термінології законів «Про питну воду та питне водопостачання» і «Про водовідведення та очищення стічних вод», усунення

розбіжностей між ними й ліквідація внутрішніх суперечностей у текстах цих нормативних актів. Зокрема, це стосується уточнення понять, таких як «нецентралізоване водовідведення» і «система водовідведення поверхневих стічних вод».

2. Перерозподіл, уточнення та оптимізація повноважень центральних органів виконавчої влади щодо затвердження нормативно-правових актів, необхідних для виконання законів. Наприклад:

- Кабінет Міністрів України буде відповідати за затвердження порядку оцінки технічного стану об'єктів водопостачання, правил надання послуг з нецентралізованого водовідведення та визначення порядку виявлення суб'єктів господарювання, що займаються відповідною діяльністю.

- Мінінфраструктури відповідатиме за затвердження методики розрахунку обсягів стічних вод, які потрапляють до систем централізованого водовідведення без організації.

3. Імплементация положень статей 7, 8, 9, 10, 13, 15 і 19 Директиви (ЄС) 2020/2184 Європейського Парламенту та Ради від 16 грудня 2020 року стосовно якості води, призначеної для споживання людиною. Ця директива встановлює нові вимоги до забезпечення безпеки й якості питної води в державах-членах ЄС.

Реалізація цих реформ дозволить суттєво вдосконалити систему управління у сфері водопостачання та водовідведення, а також сприятиме гармонізації українського законодавства із законодавством Європейського Союзу:

– повноваження Кабінету Міністрів України щодо затвердження Порядку надання підприємствам централізованого водопостачання тимчасових відступів від вимог до якості питної води;

– повноваження Мінінфраструктури щодо затвердження методики оцінювання та управління ризиками в системі питного водопостачання.

Крім того, Порядок формування тарифів на централізоване водопостачання та централізоване водовідведення, затверджений постановою

Кабінету Міністрів України від 01 червня 2011 р № 869 «Про забезпечення єдиного підходу до формування тарифів на комунальні послуги» встановлює, що до складу планованої виробничої собівартості централізованого водопостачання та/або централізованого водовідведення включаються витрати, пов'язані з використанням електроенергії для технологічних потреб, що визначаються виходячи з обсягів підйому та/або подачі води, пропускання стічних вод, їх очищення, норм питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів, установлених відповідно до галузевих нормативів та вимог законодавства.

Але повноважень щодо затвердження нормативно-правового акта, що визначає методику розрахунку визначення витрат та втрат паливно-енергетичних ресурсів, яке є необхідною умовою встановлення економічно-обґрунтованих тарифів наразі законодавством не передбачено, і тому існує необхідність створення законодавчої підстави для створення такого регулювання [7].

Міжнародний досвід правового регулювання у сфері питного водопостачання базується на концепції сталого управління водними ресурсами та превентивному захисті здоров'я населення. Провідну роль у формуванні глобальних екологічних стандартів відіграє Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), чії «Настанови з контролю якості питної води» слугують основою для національних законодавств більшості країн світу.

У країнах Європейського Союзу головним регуляторним документом є Директива ЄС 2020/2184 про якість води, призначеної для споживання людиною (яка замінила застарілу Директиву 98/83/ЄС). Цей документ запровадив революційний підхід, заснований на оцінюванні ризиків у всьому ланцюжку постачання — від водозбірної басейну до крана споживача. Нова Директива суттєво посилила вимоги до якості води, знизивши гранично допустимі концентрації для таких небезпечних забруднювачів, як свинець, хром, а також вперше ввела жорсткий контроль за вмістом мікропластику, ендокринних руйнівників та перфторованих алкільних речовин (PFAS). Окрім

цього, європейське законодавство зобов'язує держави-члени забезпечувати вільний доступ до питної води в публічних просторах для зменшення використання пластикової тари.

У Сполучених Штатах Америки базовим законодавчим актом є Закон про безпечну питну воду (Safe Drinking Water Act — SDWA), що контролюється Агентством з охорони навколишнього середовища (EPA). Американська система вирізняється жорстким розподілом нормативів на первинні (обов'язкові для виконання хімічні та мікробіологічні ГДК, що впливають на здоров'я) та вторинні (рекомендовані естетичні критерії, такі як смак, колір та запах). Останні оновлення американських стандартів також сфокусовані на тотальному моніторингу сполук PFAS та прискоренні програм із повної заміни свинцевих водогонів.

Таким чином, закордонна практика нормативного регулювання демонструє чіткий вектор розвитку: перехід від констатації фактів забруднення за фактом лабораторних аналізів до випереджального управління екологічними ризиками та постійного розширення переліку контрольованих антропогенних речовин.

Нижче наведено таблицю порівняльного аналізу нормативів деяких показників якості питної України і країнах ЄС .

Таблиця 1.1.

Порівняльний аналіз нормативів якості питної води в Україні і країнах ЄС

Показники	Одиниця вимірювання	Україна (ГДК)	ВОЗ (ГДК)	ЄС (ГДК)
Водневий показник	pH	6-9	–	6,5-8,5
Загальна мінералізація	мг/л	1000 (1500)	1000	1500
Жорсткість загальна	мг/л	7,0 (10)	–	1,2
Окиснюваність перманганатна	мг/л	5,0	–	5,0

Нафтопродукти, сумарно	мг/л	0,1	–	–
ПАВ, аніонні	мг/л	0,5	–	–
Фенольний індекс	мг/л	0,25	–	–
Лужність	мгНСО ₃ -/л	–	–	30
Алюміній	мг/л	0,5	0,2	0,2
Азот амонійний	мг/л	2,0	1,5	0,5
Азбест	мг/л	–	–	–
Барій	мг/л	0,1	0,7	0,1
Берилій	мг/л	0,0002	–	–
Бор	мг/л	0,5	0,3	1,0
Ванадій	мг/л	0,1	0,1	–
Вісмут	мг/л	0,1	0,1	–
Залізо	мг/л	0,3 (1,0)	0,3	0,2
Кадмій	мг/л	0,001	0,003	0,005
Калій	мг/л	–	–	12,0
Кальцій	мг/л	–	–	100,0
Кобальт	мг/л	0,1	–	–
Кремній	мг/л	10,0	–	–
Магній	мг/л	–	–	50,0
Марганець	мг/л	0,1 (0,5)	0,5 (0,1)	0,05
Мідь	мг/л	1,0	2,0 (1,0)	2,0
Молібден	мг/л	0,25	0,07	–
Миш'як	мг/л	0,05	0,01	0,01
Нікель	мг/л	0,1	–	–

Нітрати	мг/л	45	50,0	50,0
Нітрити	мг/л	3,0	3,0	0,5
Ртуть	мг/л	0,0005	0,001	0,001
Свинець	мг/л	0,03	0,01	0,01
Селен	мг/л	0,01	0,01	0,01
Срібло	мг/л	0,05	–	0,01
Сірководень	мг/л	0,03	0,05	–
Стронцій	мг/л	7,0	–	–
Сульфати	мг/л	500	250,0	250,0
Хлориди	мг/л	350	250,0	250,0
Хром (Cr ³⁺)	мг/л	0,5	–	–
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	0,05	0,05
Ціаніди	мг/л	0,035	0,07	0,05
Цинк	мг/л	5,0	3,0	5,0

Таблиця 1.1 відображає результати порівняльного аналізу гранично допустимих концентрацій (ГДК) ключових показників якості питної води в Україні, країнах ЄС та за рекомендаціями ВООЗ. Порівняння виявляє суттєві розбіжності у підходах до нормування.

Європейські стандарти демонструють значно вищу жорсткість щодо токсичних речовин та індикаторів антропогенного навантаження. Зокрема, ГДК для азоту амонійного в ЄС є вчетверо нижчою (0,5 мг/л), ніж в Україні (2,0 мг/л), а нормативи для нітритів різняться у шість разів (0,5 мг/л проти 3,0 мг/л відповідно). Також екологічні стандарти ЄС є суворішими до вмісту важких металів: ліміти на залізо (0,2 мг/л), марганець (0,05 мг/л) та свинець (0,01 мг/л) є значно нижчими за українські аналоги. Крім того, європейські нормативи висувають жорсткіші вимоги до сульфатів та хлоридів (250 мг/л проти 500 і 350 мг/л в Україні).

Водночас вітчизняні санітарні норми містять ширший перелік специфічних індивідуальних речовин (нафтопродукти, ПАР, феноли, берилій), тоді як європейська Директива детально нормує макрокомпонентний склад (кальцій, магній, калій) та загальну жорсткість.

Виявлені розбіжності підкреслюють необхідність подальшої гармонізації українського законодавства (ДСанПіН 2.2.4-171-10) з екологічними стандартами Європейського Союзу.

1.3 Стан галузі питного водопостачання закордоном

Аналіз міжнародний досвід організації доступу населення до безпечної питної води і належного водовідведення. Розглянуто заходи щодо оптимізації систем забезпечення питною водою та каналізації, а також їх нормативне закріплення у законодавчій базі різних країн. Проведений огляд стратегії впровадження планів безпечного водопостачання (ПБВ) у різних регіонах світу. Окрему увагу приділено проблемам водопостачання та водовідведення у країнах, які зазнали наслідків збройних конфліктів, а також сценаріям розв'язання цих питань. [3].

За даними глобальних звітів ВООЗ у 2023 році розвинені країни Європи, Північної Америки, Австралії мають практично повне покриття безпечною питною водою, модернізовані системи питного водопостачання та водовідведення, використовують енергоефективні технології очищення.

Країни з середнім рівнем доходів (країни Азії, Латинської Америки) мають проблеми із забезпеченням доступу до безпечної питної води населення в сільській місцевості, часткове оновлення інфраструктури, але з нерівномірним розподілом і зростанням інвестицій у міські системи водовідведення.

У країнах з низьким рівнем доходів (країнах Африки на південь від Сахари, частково Південній Азії) значна частина населення покладається на небезпечні джерела води (відкриті водойми, колодязі). В цих країнах відсутні централізовані системи водопостачання та водовідведення і низький рівень

фінансування та технічної підтримки сфери питного водопостачання та водовідведення[3].

Глобальний аналіз по країнах світу показує, що у період з 2000 року по 2020 рік доступ населення до безпечної води зріс із 78% до 90%, а доступ до санітарії - з 54% до 74%. Цій позитивній динаміці сприяє фактичне впровадження затверджених ПБВ і законодавчих документів щодо санітарії в різних країнах світу.

Так, майже всі розвинені країни Європи, Північної Америки, Австралії мають затвержені національні або регіональні ПБВ. У країнах Європи ПБВ є обов'язковими для всіх країн - членів. У США ПБВ інтегровані в систему оцінки ризиків для систем питного водопостачання. В Європі діє законодавство щодо очищення міських стічних вод, стандартизація методів очищення стічних вод та поводження з відходами[3].

У країнах з середнім рівнем доходу прогрес у впровадженні ПБВ спостерігається, але залишається нерівномірним. Наприклад, у Бразилії, Індії, Китаї активно розробляються та впроваджуються ПБВ для міських систем питного водопостачання, проте у сільській місцевості їх реалізація обмежена. В країнах Латинської Америки (наприклад, у Мексиці та Перу) прийнято національні програми з модернізації систем водовідведення. У Південній Азії, зокрема в Індії законодавство у вигляді затверджених програм стимулює будівництво туалетів і модернізацію інфраструктури.

У країнах з низьким рівнем доходу лише 20 - 30% країн мають національні або регіональні ПБВ. Наприклад, у Кенії діють пілотні програми впровадження ПБВ у великих містах. У Малаві та Замбії лише окремі громади впроваджують базові інструменти для безпеки води. Багато країн ще не мають чітких законодавчих рамок. Зусилля зосереджуються на національних стратегіях, які підтримуються міжнародними організаціями, такими як ЮНІСЕФ чи ВООЗ. Затвержені програми з питань санітарії, у тому числі щодо водовідведення, успішно працюють в ряді африканських країн, включаючи Ефіопію та Сьєрра - Леоне.

За даними глобальних звітів ВООЗ у 2023 році 93 країни світу включили ПБВ до національної політики та стратегій, 129 країн мали національні стратегії в галузі санітарії, але їх практична реалізація залишається проблемою, особливо у країнах із низьким доходом [14]. Оптимізація систем питного водопостачання та водовідведення є ключовим напрямом для забезпечення стійкого розвитку у багатьох країнах світу. Загалом, це довгострокове перспективне планування заходів з розвитку та стійкості систем питного водопостачання та водовідведення, що сформовано за результатами комплексного аналізу існуючих і очікуваних об'єктів. Розглянемо узагальнений аналіз методів, які використовуються в різних країнах[3].

У США значну увагу приділяють модернізації інфраструктури, зокрема, заміні старих трубопроводів для зменшення витоків, а також впровадженню енергоефективного обладнання та моніторингових систем. За оцінками, такі заходи можуть суттєво знизити енергоспоживання та витрати на обслуговування.

У США, країнах Європи, таких як Німеччина та Нідерланди, активно використовуються технології інтелектуального управління для виявлення витоків і оптимізації систем питного водопостачання. У Австралії розроблено масштабні програми з повторного використання очищених стоків для промислових і сільськогосподарських потреб, що дозволяє економити прісноводні ресурси.

Сінгапур інвестував у систему «NEWater», яка перетворює очищені стоки у воду для промислових та, навіть, побутових потреб, забезпечуючи стійкість систем питного водопостачання в умовах обмежених ресурсів.

Країни з низьким рівнем доходу, такі як Індія та Кенія, використовують недорогі децентралізовані системи очищення води, що дозволяє обслуговувати віддалені регіони без значних витрат.

У США законодавчі ініціативи, як-от закони про безпечну питну воду і про водну інфраструктуру Америки, сприяють фінансуванню проектів питного водопостачання і водовідведення, зокрема заміни свинцевих труб.

Ключові досягнення країн у галузі оптимізації систем питного водопостачання та водовідведення базуються на:

- модернізації інфраструктури;
- застосуванні ПБВ;
- повторному використанні водних ресурсів;
- інтеграції інтелектуальних технологій для моніторингу та управління.

Для глобального прогресу потрібна комплексна міжнародна співпраця, активне фінансування та впровадження сучасних технологій. Україні важливо інтегрувати найкращі практики для досягнення Цілей сталого розвитку та забезпечення населення якісною водою[3].

Міжнародний досвід свідчить, що впровадження підходу на основі оцінки природних базисів водозабезпечення (ПБВ) та інтегрованого управління ризиками суттєво підвищує ефективність і стійкість систем питного водопостачання та водовідведення. У цьому контексті нормативно-правова база України у сфері питного водопостачання та водовідведення, особливо в частині вдосконалення відповідних систем, потребує фундаментальної адаптації до сучасних викликів і вимог.

У межах проведеного дослідження було розроблено єдиний системний підхід до оптимізації зазначених систем. Цей підхід ґрунтується на комплексній оцінці ризиків, застосуванні сценарного планування та використанні фінансового моделювання. В результаті роботи сформовано новітні системні науково-методичні підходи, які було інтегровано у проекти нормативних порядків розроблення схем оптимізації централізованих систем водопостачання та водовідведення. Запровадження цих проектів у практичну діяльність дозволить сприяти сталому розвитку інфраструктури питного водопостачання та водовідведення, підвищити якість життя населення і зменшити вплив кризових ситуацій.

Згідно з концепцією, розроблена схема оптимізації базуватиметься на принципах ПБВ, охоплюватиме інші ключові аспекти, серед яких водовідведення та фінансове моделювання. Фінансування підготовки схем

оптимізації передбачено в рамках заходів Державної цільової економічної програми енергетичної модернізації підприємств систем водопостачання та водовідведення, що перебувають у державній або комунальній власності. Дана програма діятиме до 2030 року і була затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2024 року №1133-р.

Реалізація створених схем оптимізації відкриває нові можливості для залучення міжнародного фінансування у вигляді кредитів, грантів та інших інструментів підтримки, що сприятиме забезпеченню виконання запланованих заходів і сталого розвитку вітчизняних систем питного водопостачання та водовідведення [3].

1.4 Загальна характеристика технології підготовки питної води в Україні та закордоном

Сучасні технології водопідготовки в Україні та передових країнах світу відзеркалюють різні епохи інженерних рішень та екологічних підходів. На вітчизняних комунальних підприємствах досі домінують класичні схеми очищення, розроблені у другій половині ХХ століття. Вони орієнтовані на двоступеневе очищення поверхневих вод, що включає реагентне змішування (коагуляцію сульфатом алюмінію), відстоювання у горизонтальних відстійниках, фільтрацію через швидкі піщані фільтри та фінальне знезараження рідким хлором або гіпохлоритом натрію (рис. 1.). Ця технологія є економічно доступною та ефективно видаляє завислі речовини й бактеріальне забруднення. Проте вона демонструє низьку бар'єрну роль щодо розчиненої органіки, антропогенних мікрозабруднювачів та спричиняє ризик утворення токсичної хлорорганіки.



Рис.1.1. Технологічна схема очищення води на водоканалах України[22].

Натомість закордонна практика, особливо у країнах ЄС та США, базується на концепції багатоба'єрного захисту та мінімізації реагентного навантаження. Замість первинного хлорування там застосовують преозонування, яке руйнує стійкі органічні сполуки та покращує органолептику води.

Ключовим етапом очищення на сучасних європейських станціях є інтеграція сорбційних методів на гранульованому активованому вугіллі (ГАВ) та мембранних технологій — ультрафільтрації та нанофільтрації. Мембранні методи забезпечують абсолютне фізичне затримання мікроорганізмів, вірусів та макромолекул без хімічної зміни складу води.

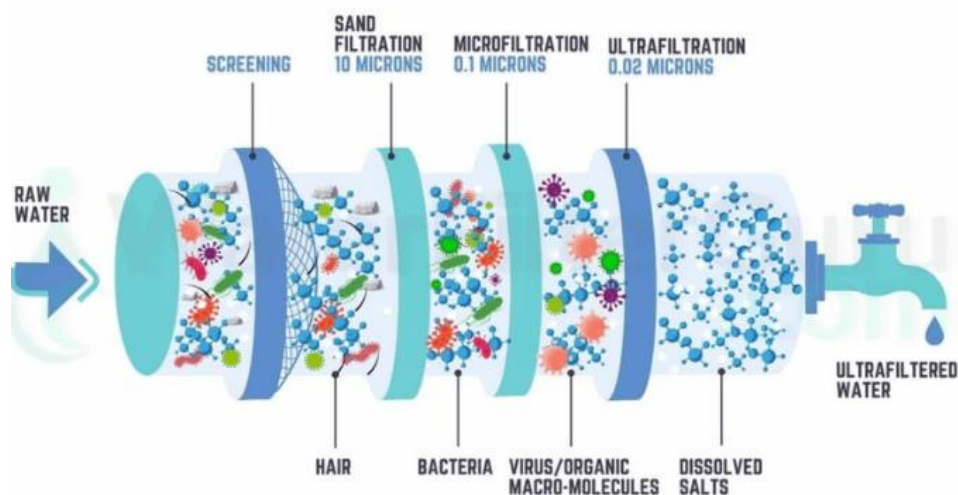


Рис. 1.2. Принципова схема процесу ультрафільтрації води на сучасних ОСВ. [23]

Для дезінфекції за кордоном частіше застосовують комбінацію ультрафіолетового (УФ) опромінення та діоксиду хлору, що повністю виключає появу тригалометанів у водопровідній мережі. Також дедалі більшого поширення набувають автоматизовані системи «розумного дозування» та біологічні методи очищення на біофільтрах. Таким чином, якщо українська інфраструктура лише розпочинає локальну модернізацію та перехід на безпечніші реагенти, то закордонна індустрія водопідготовки вже функціонує на принципах безхлорних технологій, глибокого молекулярного очищення та повної автоматизації екологічного контролю.

Міжнародний досвід демонструє, що застосування підходу, заснованого на оцінці природних ресурсів водозабезпечення (ПРВ), у поєднанні з інтегрованим управлінням ризиками, значно підвищує ефективність та стійкість систем питного водопостачання і водовідведення. У цьому світлі українська нормативно-правова база в цій сфері, особливо стосовно модернізації відповідних систем, потребує глибокої трансформації для відповідності сучасним викликам і вимогам.

Цей підхід включає комплексну оцінку ризиків, практику сценарного планування і фінансове моделювання. Як результат, були розроблені сучасні

науково-методичні підходи, які інтегрували в проекти нормативних регламентів для створення схем оптимізації централізованих систем водопостачання та водовідведення. Запровадження цих проєктів у практичну діяльність сприятиме забезпеченню стійкого розвитку інфраструктури питного водопостачання, покращить якість життя населення й зменшить уразливість під час кризових ситуацій.

Відповідно до запропонованої концепції, запропонована схема оптимізації буде базуватися на принципах ПРВ і охоплюватиме всі ключові аспекти, включно з системами водовідведення та фінансовим плануванням. Фінансування підготовки таких схем передбачене в рамках Державної цільової економічної програми з енергетичної модернізації підприємств водопостачання та водовідведення, що знаходяться у державній чи комунальній власності. Дія програми, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України 15 листопада 2024 року №1133-р, триватиме до 2030 року.

Реалізація розроблених схем оптимізації відкриває нові перспективи для залучення міжнародних фінансових ресурсів у вигляді кредитів, грантів та інших інструментів підтримки. Це дозволить не лише виконати плановані заходи, а й забезпечити стале зростання вітчизняних систем питного водопостачання і водовідведення[9].

Сучасні законодавчі ініціативи у сфері забезпечення якості питної води передбачають контроль за низкою небезпечних сполук, серед яких бісфенол А, бетаестрадіол і нонілфенол. Однак існує проблема недостатнього видалення багатьох СЕС (Cation Exchange Capacity, що українською перекладається як ЄКО (ємність катіонного обміну)) на повномасштабних станціях очистки питної води, що є особливо тривожним через властивість деяких із цих сполук, зокрема PFAS, виступати ендокринними дизрапторами.

Попри це, останні дослідження, в яких оцінювався можливий хронічний вплив СЕС за допомогою біологічного аналізу *in vitro* (включаючи активність глюкокортикоїдних, вуглеводневих та естрогенових рецепторів), продемонстрували відсутність цих забруднювачів у кінцевій питній воді.

Дослідження показали, що рівні СЕС у такій очищеній воді можна порівняти або навіть знизити до рівнів традиційної питної води.

Альтернативні системи без використання зворотного осмосу, такі як Ozone/BAC/GAC (рис.) також демонструють ефективне видалення PFAS із довгим ланцюгом до рівнів, що відповідають встановленим санітарним нормам. Таким чином, сучасні технології очищення води мають потенціал впоратися з цією екологічною проблемою за правильного впровадження[10].

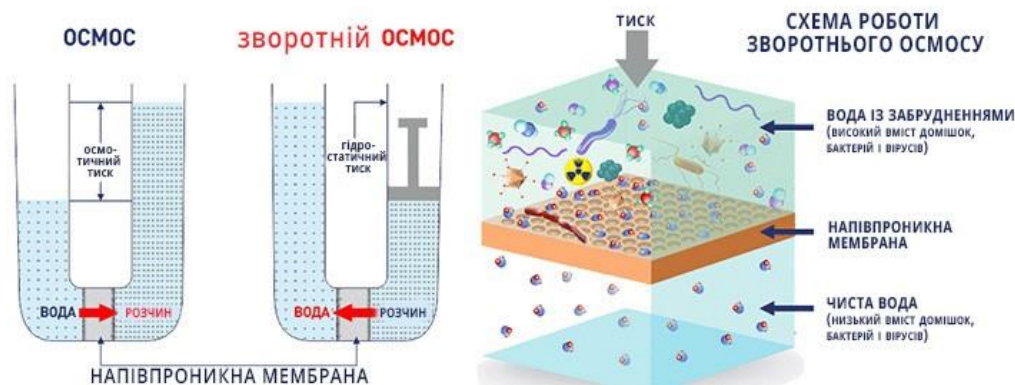


Рис. 1.3. Спрощена схема роботи системи зворотнього осмосу [24]

Питна вода, призначена для споживання людиною, має відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному сенсі, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад.

Методи очищення води можливо поділити на: механічні, гідрохімічні, електрохімічні, фізико-хімічні та біологічні. Якщо вони використовуються разом, тоді метод очищення стічних вод називаються комбінованим.

Суть механічного методу полягає в тому, що з стічних вод шляхом відстоювання та фільтрації виводяться механічні домішки. Механічне очищення дає змогу виділяти з побутових стічних вод до 60–75% нерозчинних домішок, а з промислових – до 95%.

Хімічний метод полягає у тому, що у стічні води додають різні хімічні реагенти, які вступають у реакцію і осідають у формі нерозчинних осадів. Хімічним очищенням досягається зменшення нерозчинних домішок до 95% і розчинних – до 25%.

Гідромеханічні методи застосовують для вилучення зі стічних вод

нерозчинних дисперсних домішок органічних та неорганічних субстанцій шляхом відстоювання, проціджування, фільтрування, центрифугування. Для цього використовуються різні конструктивні модифікації решіток, відстійників, центрифуг та гідроциклонів.

При електрохімічному методі очищення стічних вод відбувається або руйнування шкідливих речовин окисненням їх на аноді, або вилучення металів зі стічних вод відкладенням їх на електродах. Процеси, що лежать в основі цих методів, відбуваються при пропусканні через стічну воду електричного струму. Під впливом електричного поля позитивно заряджені іони прямують до катода, а негативно заряджені – до анода. Біля катода відбуваються процеси відновлення, а біля анода – процеси окислення.

Фізико-хімічні методи очищення стічних вод різноманітні. Це коагуляція, фторування, адсорбційне очищення, іонний обмін, екстракція, зворотний осмос та ультрафільтрація. При фізико-хімічному методі очищення зі стічної води видаляються тонкодисперсні та розчинені неорганічні домішки та руйнуються органічні та погано окислювальні речовини.

Біологічне очищення ґрунтується на здатності деяких мікроорганізмів використовувати для живлення органічні (спирти, білки, вуглеводи та ін.) та неорганічні (аміак, нітрати, фосфати, солі калію, сірководень та ін.) речовини, що знаходяться у стічних водах.

Також до основних методів очищення води належать:

Освітлення – видалення із води зважених часток.

Коагуляція – обробка води спеціальними хімічними реагентами для збільшення часток забруднень.

Окиснення – обробка води киснем повітря, гіпохлоритом натрію, перманганатом калію або озоном.

Знебарвлення – видалення чи видозміна речовин, які надають воді кольору.

Знезараження – обробка води окиснювачами та/або УФ-випромінюванням для знищення мікроорганізмів.

Звичайними способами при очищенні води є:

Хлорування – додавання хлору, діоксину хлору, гіпохлориту або кальцію. Озонування. При застосуванні озону для підготовки питної води використовуються окисні та дезінфікуючі властивості озону.

Ультрафіолетове опромінення. Використовується енергія ультрафіолетового проміння для знищення мікробіологічних забруднень. Пом'якшення води – заміна катіонів кальцію і магнію у питній воді на еквівалентну кількість катіонів натрію чи водню.

Знесолення – видалення з води розчинених солей на іонообмінних смолах чи фільтрування води через спеціальні плівки (мембрани), які пропускають лише молекули води.

Реалізація розроблених схем оптимізації в практичній діяльності комунальних підприємств відкриває нові можливості для залучення міжнародного фінансового капіталу у вигляді цільових кредитів, екологічних грантів та інших інструментів підтримки. Це забезпечить виконання запланованих інженерно-екологічних заходів, мінімізує антропогенний вплив на довкілля та гарантуватиме довгостроковий сталий розвиток вітчизняних систем питного водопостачання та водовідведення в умовах сучасних кризових викликів.

1.5 Висновки до розділу 1

У розділі 1 проведено комплексний теоретико-аналітичний огляд наукових джерел, нормативно-правової бази та технологічних підходів, що регламентують і забезпечують функціонування систем питного водопостачання в Україні та за кордоном, з проекцією на регіональні особливості Миколаївської області та міста Первомайськ.

На основі аналізу еколого-гідрологічних умов встановлено, що Миколаївська область належить до вододефіцитних регіонів із високим ступенем антропогенного навантаження на водні об'єкти, екологічний стан яких суттєво погіршився внаслідок військових дій та системного зносу комунальної

інфраструктури. Визначено, що місто Первомайськ має критичну залежність від єдиного поверхневого джерела водозабору – річки Південний Буг, яка піддається значним сезонним гідрохімічним коливанням, процесам евтрофікації та вторинному забрудненню у застарілій розподільній мережі міста.

Аналіз нормативно-законодавчої бази засвідчив наявність розвиненої національної правової системи (Водний кодекс, Закон України «Про питну воду...», ДСанПіН 2.2.4-171-10). Проте виявлено необхідність її подальшої фундаментальної трансформації та адаптації до європейських стандартів, зокрема Директиви ЄС 2020/2184. Оцінено ключові законодавчі ініціативи щодо впровадження Планів безпеки води (ПБВ/ПРВ) та Державної програми енергетичної модернізації до 2030 року, що створюють підґрунтя для розробки схем оптимізації водопостачання. Порівняльний аналіз ГДК виявив суворіші обмеження в ЄС щодо індикаторів антропогенного навантаження (сполук азоту) та важких металів.

Зіставлення технологічних рішень продемонструвало суттєвий розрив між традиційними двоступеневими схемами реагентного очищення та хлорування, які досі домінують в Україні, та передовими закордонними методами, що базуються на принципах багатобар'єрного захисту, озонування, сорбції на активованому вугіллі та мембранній ультрафільтрації.

Таким чином, узагальнення результатів аналізу підтверджує, що розв'язання екологічних та інженерних проблем системи водопостачання м. Первомайськ потребує переходу від констатації фактів забруднення до інтегрованого управління ризиками, що й зумовлює подальші практичні дослідження у межах дипломної роботи.

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження дипломної роботи є система питного водопостачання міста Первомайськ Миколаївської області, як складний еколого-інженерний комплекс, що включає:

- джерела водозабору, очисні споруди;
- магістральні водогони;
- розподільні мережі, які забезпечують господарсько-питне споживання населення та промисловості міста.

Водопостачання — це забезпечення водою різних водоспоживачів (населених пунктів, виробничих підприємств та інших об'єктів) для задоволення господарсько-питних, технологічних і протипожежних потреб. Комплекс інженерних споруд, що виконують завдання водопостачання, називають системою водопостачання або водопроводом.

Централізована система водопостачання населеного пункту або промислового підприємства повинна забезпечувати прийом води з джерела в необхідній кількості, її очищення, якщо це необхідно (тобто доведення її якості до потрібного рівня показників), передачу до обслуговуваного об'єкта і подачу споживачу під необхідним тиском. З цією метою в систему водопостачання включені такі елементи:

- водоприймальні споруди (водозабірні споруди, водозабори), призначені для прийому води з вибраних для даного об'єкта природних вододжерел;
- насосні станції (водопідіймальні споруди), що створюють тиск для передачі води на очисні споруди, до акумулюючих ємкостей або до споживачів; насосні станції (НС) 1 підйому призначені для передачі води від водозабору (джерела) на очисні споруди; НС 2 підйому призначені для передачі очищеної води з резервуару чистої води (РЧВ) в магістральні водоводи і далі в розподільну мережу; наступні НС влаштовують при необхідності для створення необхідного тиску в трубопроводах;

- споруди для очищення води, призначені для поліпшення властивостей води і доведення її якісних показників до вимог споживачів;
- резервуари і водонапірні башти, які є запасними і регулюючими ємкостями;
- водоводи і водорозподільні мережі, призначені для передачі води до місць її розподілу і споживання; магістральні водоводи транспортують основну кількість води від очисних споруд до об'єкта водопостачання; водорозподільні мережі подають воду безпосередньо споживачам на території обслуговуваного об'єкта.

У Первомайську мешкає близько 57 700 осіб, з яких близько 11 000 внутрішньо переміщені особи (ВПО). Зростання населення через повномасштабне вторгнення росії в Україну створило додаткові навантаження на застарілу систему водопостачання міста. Попередній комплекс очисних споруд водопостачання, побудований у 1967 році, протягом тривалого часу працював в умовах високого енергоспоживання, значних витрат води та частини перебоїв у водопостачання, що ускладнювало стабільне забезпечення населення питною водою.

2.1.1 Фізико-географічні та гідрологічні особливості джерела водопостачання

Місто Первомайськ розташоване у північно-західній частині Миколаївської області, в межах відрогів Придніпровської височини. Основним і фактично єдиним джерелом централізованого питного водопостачання міста є поверхневі води річки Південний Буг. Гідрологічний режим річки в районі водозабору характеризується чітко вираженою весняною повінню, літньо-осінньою меженню (періодом найнижчого рівня води) та періодичними зимовими паводками. Як об'єкт дослідження, річка Південний Буг має високий ступінь природної та антропогенної вразливості. Якість вихідної води зазнає суттєвих сезонних коливань, зокрема за показниками каламутності, кольоровості, вмісту заліза та марганцю. У літній період через високі температури спостерігаються

інтенсивні процеси евтрофікації («цвітіння» води), що призводить до різкого зростання біогенного навантаження (сполук азоту та фосфору) та погіршення органолептичних властивостей води.

2.1.2 Технологічна структура очисних споруд водозабору

Очищення та знезараження води для потреб міста Первомайськ здійснюється на очисних спорудах водопроводу (ОСВ). Наявна технологічна схема базується на класичних методах реагентної обробки. Вона включає:

- первинне знезараження та окиснення за допомогою введення хлорагентів;
- коагуляцію та флокуляцію — додавання хімічних реагентів для укрупнення дрібних зважених частинок забруднень;
- освітлення у відстійниках для гравітаційного осадження утворених пластівців;
- фільтрацію через швидкі піщані фільтри для затримання найдрібніших залишків суспензії;
- вторинне (фінальне) знезараження перед подачею води в резервуари чистої води (РЦВ) та магістральну мережу.

Проте, розглядаючи систему як об'єкт дослідження, слід констатувати, що проектна потужність та технологічні бар'єри існуючих ОСВ розраховувалися кілька десятиліть тому за радянськими стандартами. Вони орієнтовані переважно на видалення зважених речовин і макрозабруднень і є недостатньо ефективними проти сучасних антропогенних токсикантів, стійких органічних сполук та мікрободоростей під час літнього цвітіння річки.

2.1.3 Стан та специфіка розподільної мережі

Транспортування питної води в системі водопостачання міста Первомайськ до кінцевих споживачів здійснюється через розгалужену мережу магістральних та вуличних водогонів, загальна протяжність яких складає десятки кілометрів. Специфікацією об'єкта є високий рівень фізичного та морального зносу труб (у деяких районах міста цей показник перевищує 60-70%). Більшість мереж побудовані зі сталі та чавуну і вже відпрацювали свій амортизаційний ресурс.

Такий незадовільний технічний стан зумовлює дві ключові екологічні та економічні проблеми:

Високий рівень аварійності та втрат води, що призводить до перевитрат енергоресурсів на насосних станціях.

Явище вторинного забруднення питної води в процесі її транспортування. Через внутрішню корозію труб та часті гідравлічні удари (внаслідок проривів чи відключень) вода збагачується сполуками заліза (іржа), збільшує каламутність і втрачає нормативну якість, досягнуту на виході з очисних споруді.

Таким чином, система питного водопостачання міста Первомайськ є критично важливим, але вразливим об'єктом інженерної інфраструктури. Вона функціонує в умовах дефіциту альтернативних джерел, прогресуючого техногенного навантаження на р. Південний Буг та значного зносу основних фондів.

2.1.4 Перспективи змін стану системи водопостачання

На очисних спорудах водопостачання у Первомайську Миколаївської області введено в експлуатацію нову лінію очищення води. Проєкт фінансується Європейським Союзом та реалізується під управлінням НЕФКО (NEFCO, Північна екологічна фінансова корпорація). Реконструкція системи водопостачання спрямована на вирішення нагальних проблем, із якими стикається система водопостачання міста, та забезпечення місцевого населення більш надійним водопостачанням.

На одній із очисних споруд водопостачання у Первомайську збудовано та введено в експлуатацію нову лінію очищення води.

Проєкт покращує якість питної води для близько 35 000 мешканців і внутрішньо переміщених осіб, одночасно зменшуючи споживання електроенергії та викиди парникових газів, зміцнюючи стійкість водної інфраструктури міста.

Наразі за фінансової підтримки Данії розпочинається реконструкція магістрального водогону, завдяки якому система водопостачання Первомайська стане ще надійнішою.

Завдяки грантовому фінансуванню Європейського Союзу в обсязі близько 3 млн євро було побудовано нову лінію очисних споруд водопостачання та додатково проведено реконструкцію насосної станції першого підйому, інфраструктури транспортування сирової води на очистку, а також збудовано нову енергоефективну насосну станцію 2-го підйому для подачі води в місто. Роботи тривали з дати підписання контракту у грудні 2024 року по квітень 2026 року. Нова лінія має потужність 7000 м³ на добу та використовує сучасну технологію мембранної ультрафільтрації, що забезпечує стабільну якість води незалежно від змін стану вхідної води.

Нова очисна лінія підвищить ефективність, зменшить втрати води та забезпечить надійне, енергоефективне й чисте виробництво. Прогнозується щорічне скорочення споживання електроенергії на 1 230 МВт-год та викидів парникових газів на 475 тонн. Очікується, що проєкт також сприятиме зниженню операційних витрат і покращенню фінансових показників комунального підприємства. Крім того, інвестиція покращить умови життя близько 35 000 мешканців Первомайська, серед яких 6600 внутрішньо переміщених осіб, забезпечивши стабільніше водопостачання та кращу якість питної води.

У межах комплексної модернізації міської системи водопостачання наразі фізично розпочинається реконструкція магістрального водогону за грантового фінансування від Данії через Impact Fund Denmark та співфінансування з місцевого бюджету. Завершення робіт заплановано на кінець 2026 року. Ця додаткова інвестиція міжнародних партнерів підвищить надійність водопостачання та забезпечить ефективну роботу нової лінії очисних споруд водопостачання[20].

2.2 Предмет дослідження

Предметом дослідження дипломної роботи є екологічний стан, гідрохімічні та санітарно-екологічні показники якості води системи централізованого питного водопостачання міста Первомайськ на всіх етапах її функціонування — від поверхневого джерела водозабору (річки Південний Буг) до кінцевого споживача.

2.2.1 Екологічний стан та динаміка джерела водозабору

Екологічний стан річки Південний Буг у створі водозабору м. Первомайськ розглядається як первинний чинник форми формування якості питної води. В межах предмета дослідження аналізується динаміка антропогенного навантаження на водотік, спричиненого зливами з сільськогосподарських угідь, скидами неочищених або недостатньо очищених стічних вод вище за течією, а також кліматичними змінами (маловоддя, підвищення температури). Особлива увага приділяється сезонним процесам евтрофікації водного об'єкта, які супроводжуються інтенсивним вегетаційним розвитком фітопланктону та синьо-зелених водоростей, що безпосередньо впливає на навантаження очисних споруд міста.

2.2.2 Гідрохімічні показники якості води

Гідрохімічний аспект предмета дослідження включає комплексний аналіз фізико-хімічних параметрів води. До них належать:

- **базові інтегральні показники:** твердість, водневий показник (рН), каламутність, кольоровість та сухий залишок.
- **вміст біогенних та мінеральних речовин:** концентрації сполук азотної групи (амонійний азот, нітрити, нітрати), сульфатів, хлоридів, а також динаміка розчиненого у воді кисню та показники хімічного й біологічного споживання кисню (ХСК і БСК₅).
- **специфічні забруднювачі:** вміст заліза загального та марганцю, які мають як природне походження (особливості Українського кристалічного щита), так і техногенне — внаслідок вторинного вилуговування зі зношених металевих труб розподільної мережі міста.

2.2.3 Санітарно-екологічні та токсикологічні параметри

Санітарно-екологічний блок охоплює оцінку безпеки води для здоров'я населення відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10. Предметом аналізу є присутність у воді токсичних мікрокомпонентів, важких металів, а також специфічних побічних продуктів хлорування (зокрема, тригалометанів, таких як хлороформ), що утворюються на етапі реагентного знезараження через високий

вміст вихідної органіки у річковій воді. Крім того, розглядаються мікробіологічні та паразитологічні показники (загальне мікробне число, загальні коліформи), які маркують епідемічну безпеку питної води в умовах потенційних проривів та застійних явищ у водопровідній мережі.

Оцінка цих показників у порівняльній динаміці є основою для виявлення слабких місць системи водопостачання Первомайська, ідентифікації ризиків вторинного забруднення та розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо екологічної оптимізації і модернізації процесів водопідготовки.

2.3 Методи дослідження

Методологічну основу кваліфікаційної роботи становить комплексний системний підхід, який дозволяє розглядати систему питного водопостачання міста Первомайськ як єдину еколого-техногенну структуру. Для досягнення поставленої мети та розв'язання визначених завдань у роботі застосовано поєднання теоретичних, емпіричних, лабораторно-аналітичних та математично-статистичних методів екологічних досліджень.

Важливою складовою методологічного апарату став ретроспективний та порівняльно-географічний аналіз. Під час виконання дипломної роботи було зібрано, систематизовано та опрацьовано масив багаторічних моніторингових даних щодо екологічного стану річки Південний Буг та показників якості питної води у м. Первомайськ за період (з 2016 по 2025 роки включно).

Оцінку якості води здійснювали шляхом порівняння фактичних концентрацій речовин із чинними нормативними критеріями, зокрема з вимогами Державних санітарних норм та правил (ДСанПіН 2.2.4-171-10) та європейських стандартів (Директива ЄС 2020/2184).

У процесі дослідження було використано такі групи методів.

1. Гідрохімічні та санітарно-екологічні методи: застосовувалися для оцінки динаміки фізико-хімічних і бактеріологічних параметрів води. Аналіз охоплював визначення інтегральних показників (кольоровість, каламутність, рН,

твердість), вмісту біогенних елементів (амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати), макрокомпонентів, органічного забруднення (ХСК, БСК_5), а також специфічних токсикантів (залізо загальне, марганець, залишковий хлор) та мікробіологічних маркерів безпеки.

2. Математично-статистичні методи: опрацювання часових рядів за 2015–2025 роки виконували за допомогою методів статистики для виявлення багаторічних тенденцій зміни якості води

Таким чином, сформований методологічний комплекс забезпечує високу достовірність, репрезентативність та наукову обґрунтованість отриманих результатів і висновків роботи.

2.4 Висновки до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи сформовано цілісну науково-дослідну базу, визначено методологічні орієнтири та охарактеризовано інструментарій екологічного оцінювання системи питного водопостачання міста Первомайськ Миколаївської області.

Об'єкт дослідження визначено як складний еколого-інженерний комплекс, що перебуває на етапі глибокої технологічної трансформації. Системний опис об'єкта дозволив окреслити ключові проблеми застарілої інфраструктури: високу вразливість єдиного поверхневого джерела водозабору (річки Південний Буг), значний знос (60–70%) розподільних мереж і ризики вторинного забруднення води. Водночас відображено інноваційні перспективи розвитку об'єкта завдяки введенню в експлуатацію у 2026 році нової енергоефективної лінії очищення потужністю 7000 м³/добу на основі сучасної технології мембранної ультрафільтрації за підтримки корпорації NEFCO та грантів ЄС і Данії.

Предмет дослідження чітко деталізовано за трьома взаємопов'язаними векторами: екологічний стан джерела (зокрема процеси евтрофікації), гідрохімічні параметри (базові макрокомпоненти, сухий залишок, БСК, ХСК) та

санітарно-токсикологічні показники безпеки (важкі метали, залишковий хлор, хлорорганічні сполуки та мікробіологічні маркери). Це дає змогу відстежити трансформацію хімічного складу води на кожному етапі транспортування та очищення.

Методологічний апарат роботи побудовано на принципах системного екологічного моніторингу. Головною науковою цінністю обраного методу є проведення ретроспективного та статистичного аналізу великого масиву емпіричних даних за період (2016–2025 рр.). Застосування методів статистики дозволяє об'єктивно виявити багаторічні закономірності коливань якості води під впливом кліматичних та антропогенних чинників.

Таким чином, сформований методологічний комплекс та деталізація структури об'єкта й предмета дослідження забезпечують репрезентативність і високу достовірність результатів, створюючи надійне підґрунтя для переходу до практичного аналізу та розробки рекомендацій у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Аналіз санітарно-епідеміологічних показників якості питної води у м. Первомайськ

Вода є базовим хімічним складником живої субстанції, спільним для всіх організмів, що населяють Землю. Встановлено, що стан людського організму значною мірою залежить від якості повітря, способу життя, харчових продуктів та особливо питної води. Забруднена питна вода несе серйозну загрозу здоров'ю людини, оскільки може стати джерелом патологій та захворювань.

Сьогодні однією з ключових проблем залишається забезпечення населення якісною питною водою. Це зумовлено тим, що підземні води часто не відповідають чинним стандартам та санітарно-гігієнічним нормативним вимогам до питної води. Якість питної води безпосередньо впливає на всі фізіологічні й біохімічні процеси, які відбуваються в організмі людини, а також на загальний рівень її здоров'я.

Таким чином, можна констатувати, що якісні властивості води, зокрема рівень її забруднення, мають прямий кореляційний зв'язок із поширеністю захворювань серед населення. Згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», питна вода повинна відповідати низці важливих критеріїв. Вона має бути епідеміологічно та радіаційно безпечною, відповідати встановленим органолептичним стандартам, а також мати хімічний склад, що не є шкідливим для здоров'я людини.

Серед ключових незмінних характеристик води визначають її колір, смак і запах. Забезпечення високої якості питної води можливе за рахунок модернізації та вдосконалення систем водопостачання. Пріоритетними завданнями є також облаштування зон санітарної охорони джерел водозабору, реконструкція та будівництво сучасних водоочисних споруд із впровадженням новітніх технологій очищення.

Власники об'єктів централізованого водопостачання повинні забезпечувати систематичний виробничий контроль за безпечністю й якістю питної води на всіх етапах – від забору води до її подачі споживачам, відповідно до вимог санітарних норм.

Отже, провідним методом оцінки якості та безпеки питної води є проведення лабораторних досліджень у акредитованих лабораторіях. Слід наголосити, що мікробне забруднення чи значна кількість шкідливих хімічних домішок часто не призводять до змін у органолептичних властивостях води, таких як смак, запах або колір. Це може створювати оманливе враження про її безпечність, тоді як насправді така вода може мати негативний вплив на здоров'я людини[4].

Відповідно підпункту 21 пункту а статті 30 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» від 21.05.1997 року № 280/97-ВР (зі змінами та доповненнями), підпункту 3 частини 3 статті 4 Закону України «Про житлово-комунальні послуги» від 09.11.2017 року № 2189-VIII (зі змінами та доповненнями), Постанови Кабінету Міністрів України від 29.08.2004 року № 1107 «Про затвердження порядку розроблення та затвердження нормативів питного водопостачання», Закону України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» від 10.01.2002 року № 2918-III (зі змінами та доповненнями), враховуючи лист комунального підприємства Первомайської міської ради «Первомайське управління водопровідно-каналізаційного господарства» від 19.09.2023 року № 26, з метою затвердження тимчасових норм споживання питної води на період розробки нормативів питного водопостачання, виконавчий комітет Первомайської міської ради[5].

В дипломній роботі проаналізовано ряд показників якості води в системі водопостачання м. Первомайськ, а також на місці водозабору в річці Південний Буг.

Нижче на рисунках 3.1-3.14 наведено графічне узагальнення досліджуваних показників у період 2016-2025 рр.

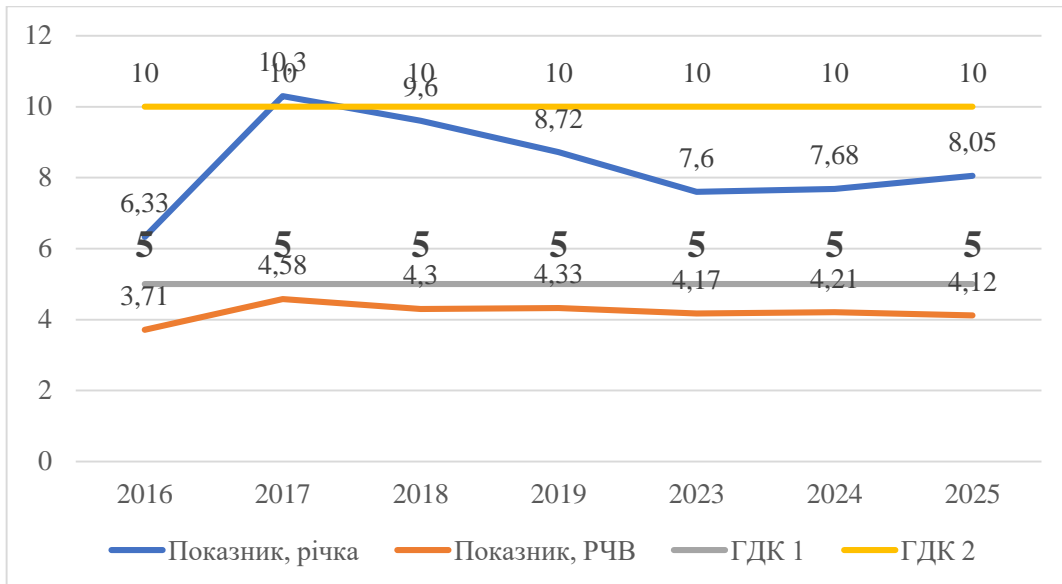


Рис. 3.1. Динаміка значення показників перманганатної окиснюваності ПО (ГДК 1 – норматив для питної води, ГДК 2 – норматив для водойм)

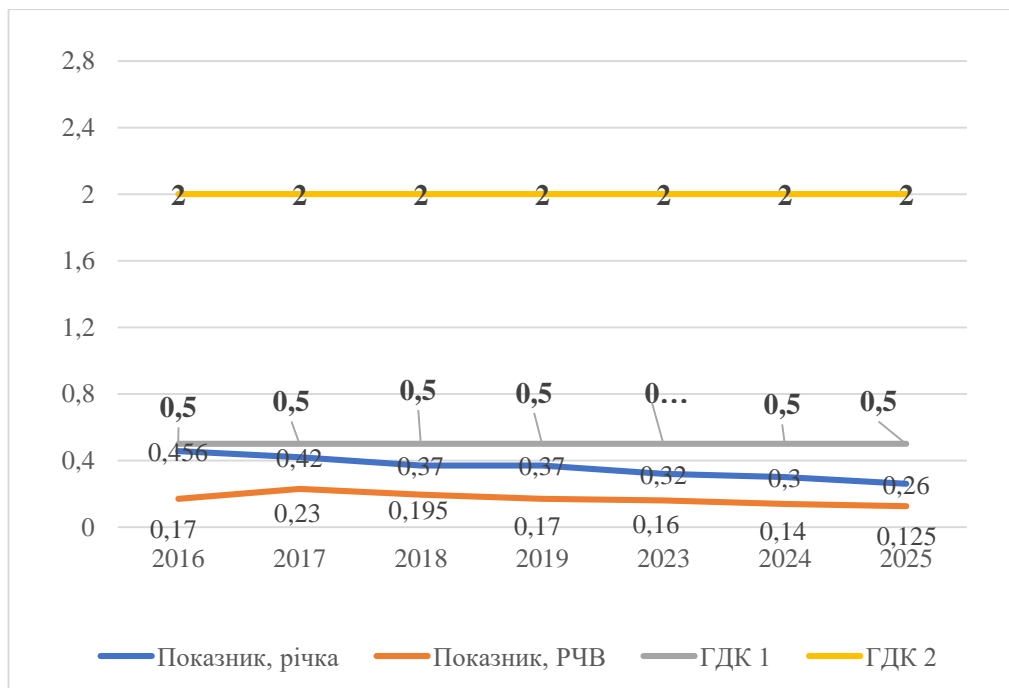


Рис. 3.2. Динаміка значення показників вмісту амонію (ГДК 1 – норматив для питної води, ГДК 2 – норматив для водойм)

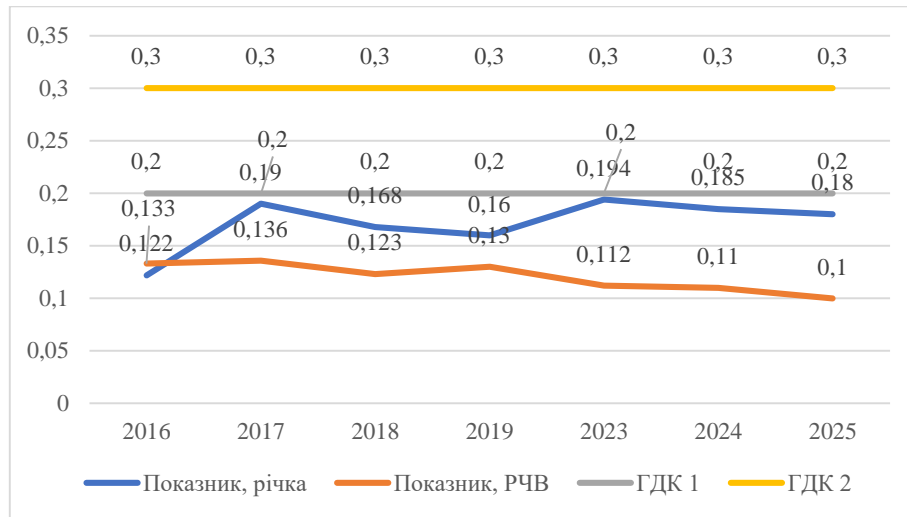


Рис. 3.3. Динаміка значення показників загального заліза (ГДК 1 – норматив для питної води, ГДК 2 – норматив для водойм)

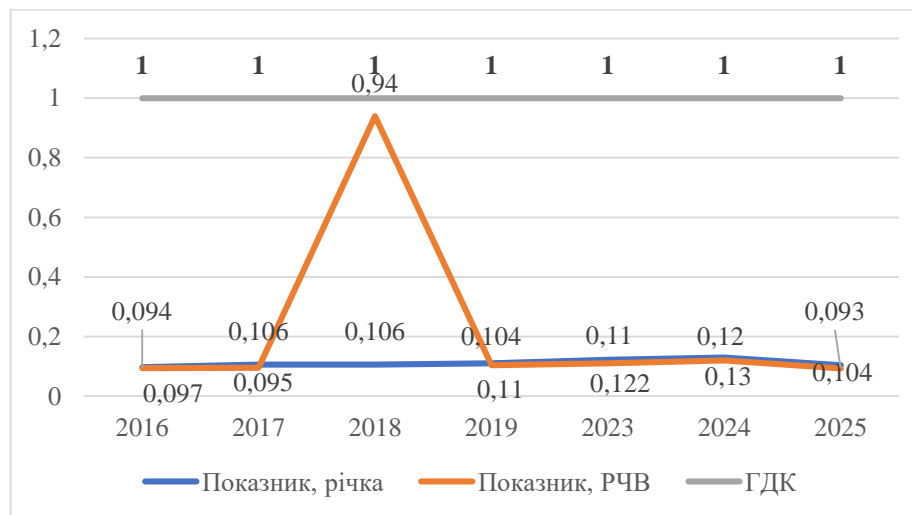


Рис. 3.4. Динаміка значення показників міді (ГДК – норматив для питної води)



Рис. 3.5. Динаміка значення показників сухого залишку (ГДК – норматив для питної води)

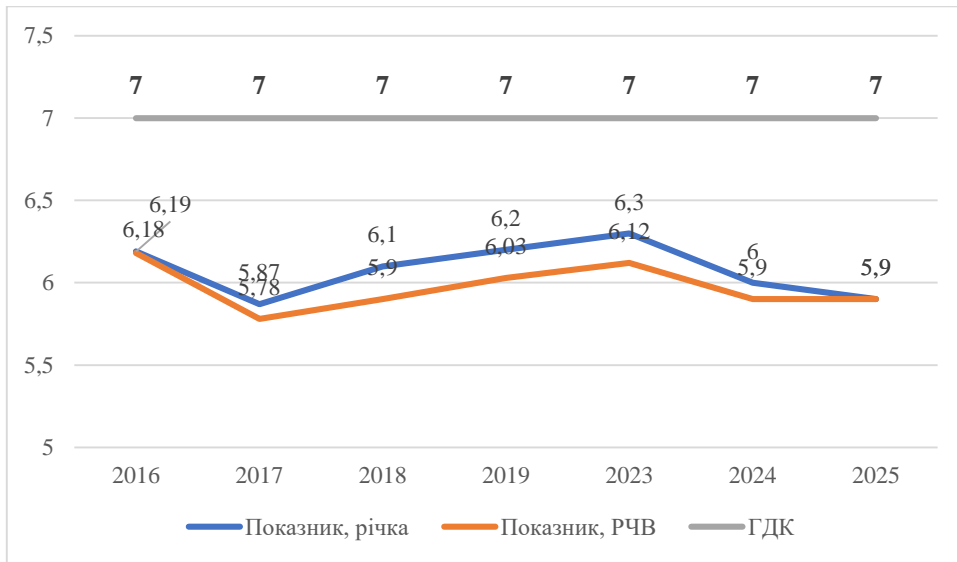


Рис. 3.6. Динаміка значення показників загальної жорсткості (ГДК – норматив для питної води)

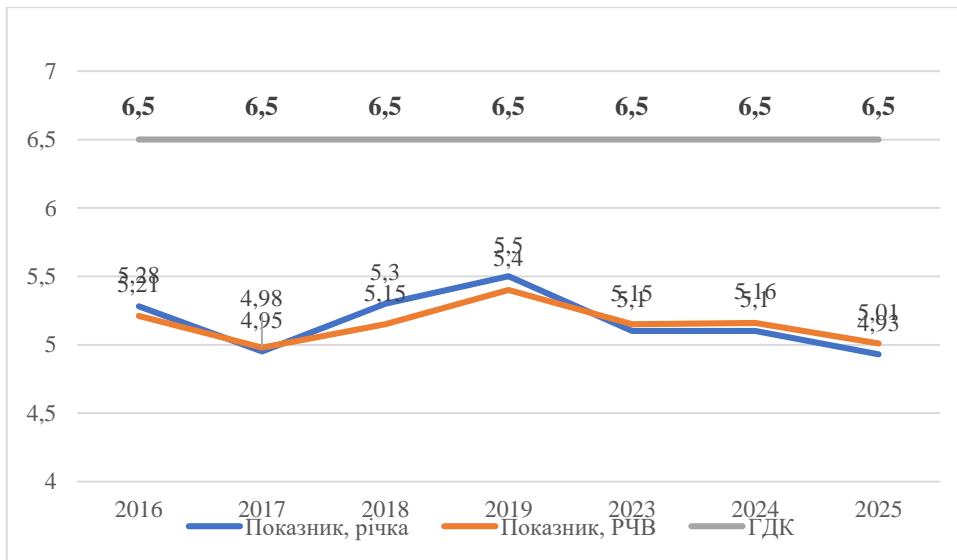


Рис. 3.7. Динаміка значення показників загальної лужності (ГДК – норматив для питної води)



Рис. 3.8. Динаміка значення показників сульфатів (ГДК – норматив для питної води)

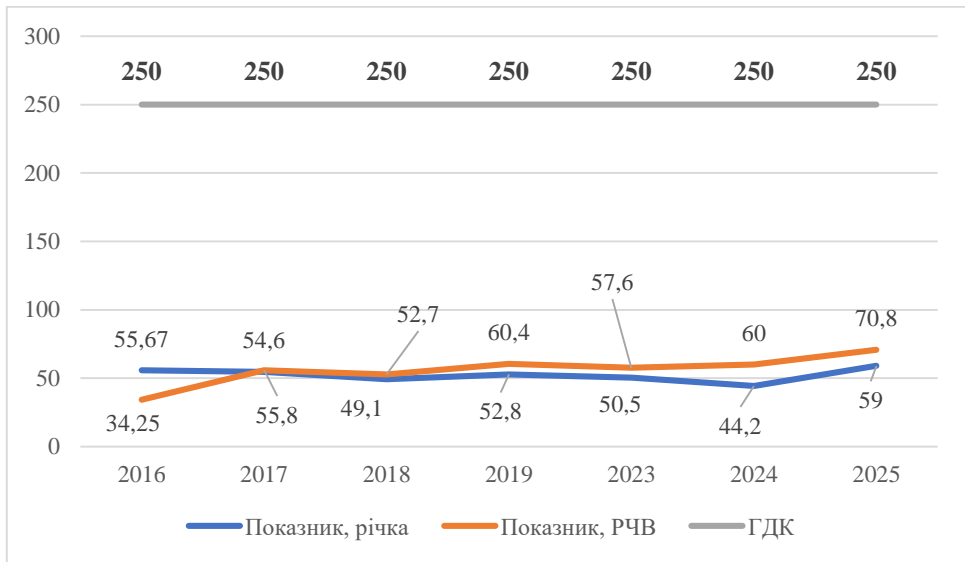


Рис. 3.9. Динаміка значення показників хлоридів (ГДК – норматив для питної води)



Рис. 3.10. Динаміка значення показників магнію (ГДК – норматив для питної води)



Рис. 3.11. Динаміка значення показників нітритів (ГДК – норматив для питної води)

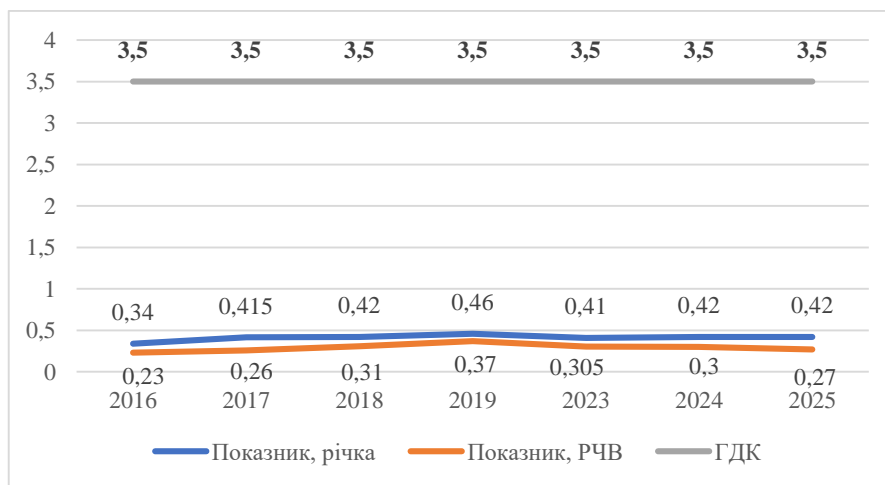


Рис. 3.12. Динаміка значення показників поліфосфатів (ГДК – норматив для питної води)

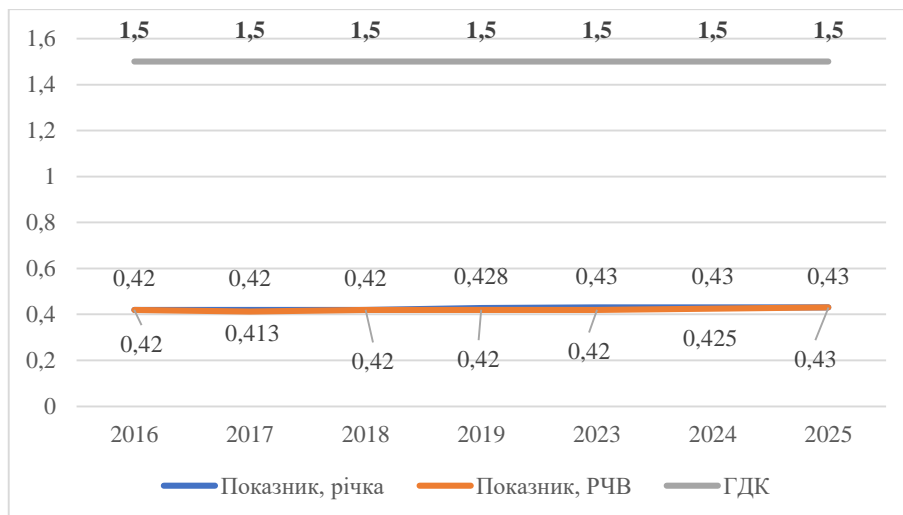


Рис. 3.13. Динаміка значення показників фторидів (ГДК – норматив для питної води)



Рис. 3.14. Динаміка значення показників рН (ГДК – норматив для питної води)

3.2. Визначення ключових факторів впливу на якість питної води в місті Первомайськ

На основі аналізу моніторингових даних екологічного стану річки Південний Буг (створ водозабору) та якісних показників питної води в резервуарах чистої води (РЧВ) міста Первомайськ за період 2016–2025 років, можемо сформулювати комплексно-інтегрований такий висновок. Зіставлення багаторічних часових рядів із нормативними вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 дозволило виявити ключові екологічні тенденції та оцінити бар'єрну роль існуючих споруд водопідготовки.

По-перше, аналіз динаміки перманганатної окиснюваності (ПО), як головного індикатора загального вмісту органічних речовин у воді, свідчить про стабільно високе антропогенне та природне навантаження на річку Південний Буг. У вихідній воді показник ПО регулярно перевищував нормативні ліміти, досягаючи пікових значень у 2017 році (10,3 мгО₂/дм³). Попри те, що класична реагентна схема очищення забезпечує зниження концентрації органіки в РЧВ у середньому на 40–50% (до рівня 3,71–4,58 мгО₂/дм³), показники балансують на межі суворих санітарних норм. Така хронічна присутність розчиненої органіки у

вихідній воді створює постійну загрозу утворення токсичних хлорорганічних сполук (тригалометанів) під час дезінфекції води рідким хлором.

По-друге, дослідження трансформації сполук азотної групи виявило специфіку проходження біогенного навантаження. Концентрації амонію у річковій воді у 2016–2017 роках наближалися до критичної позначки (0,42–0,456 мг/дм³ при ГДК 0,5 мг/дм³). Проте спостерігається чітка позитивна тенденція до зниження вмісту амонію до 0,26 мг/дм³ у 2025 році, що може бути пов'язано зі зміною інтенсивності сільськогосподарського змиву або гідрологічного режиму. Очисні споруди демонструють високу бар'єрну ефективність щодо азоту амонійного та нітритів, знижуючи їхній вміст у РЧВ до безпечних мінімальних значень (амоній — до 0,125 мг/дм³, нітрити — до 0,019 мг/дм³ у 2025 р.), що свідчить про задовільний рівень проходження процесів нітрифікації на швидких піщаних фільтрах.

По-третє, мінеральний склад та сольовий баланс системи водопостачання (сухий залишок, сульфати, хлориди, загальна жорсткість) демонструють поступове зростання техногенного та кліматичного тиску на водну екосистему. Сухий залишок у річці зріс із 403,6 мг/дм³ (2016 р.) до пікових 508 мг/дм³ (2023 р.) із незначним змінам у 2025 році (470 мг/дм³).

Подібна тенденція характерна для сульфатів та хлоридів, концентрації яких хоч і не перевищують ГДК (250 мг/дм³), проте мають стійкий тренд до збільшення (сульфати в РЧВ зросли з 51,77 мг/дм³ у 2016 р. до 61,3 мг/дм³ у 2025 р.). Загальна жорсткість води впродовж усього 11-річного періоду залишається високою, перебуваючи в межах 5,78–6,18 мг-екв/дм³ при нормі 7 мг-екв/дм³. Оскільки існуюча технологічна схема ОСВ не передбачає процесів демінералізації та пом'якшення, графіки РЧВ і річки за цими параметрами практично дублюють один одного, що підтверджує транзитний характер проходження мінеральних солей через очисні інфраструктури.

Окрему увагу приділено специфічним металам – залізу загальному та міді. Вміст міді у вихідній та очищеній воді залишається стабільним і безпечним (близько 0,09–0,13 мг/дм³ при ГДК 1,0 мг/дм³).

Ситуація із залізом загальним демонструє екологічні ризики вторинного забруднення: якщо у річковій воді вміст заліза коливається в межах 0,16–0,19 мг/дм³, то на етапі РЧВ у попередні роки (2016–2019) фіксувалося утримання концентрацій на рівні 0,12–0,13 мг/дм³. Тенденція стабілізації заліза у 2023–2025 роках на рівні 0,1 мг/дм³ у РЧВ вказує на оптимізацію реагентного режиму осадження, проте знос міських мереж залишає ризик рекорозії у споживача.

Водневий показник (рН) річки у 2016–2017 роках характеризувався значним залужненням (8,62–8,75), зумовленим активним розвитком водоростей, але до 2025 року стабілізувався у межах нейтральних значень (7,22 у річці, 7,17 у РЧВ), що оптимізує процеси коагуляції. Вміст фторидів і поліфосфатів стабільний і суттєво нижчий за ліміти ГДК.

Узагальнюючи результати ретроспективного аналізу (2016–2025 рр.), можна констатувати, що існуючий комплекс ОСВ м. Первомайськ загалом справляється із затриманням грубодисперсних суспензій, азотної групи та зниженням заліза. Проте бар'єрна роль споруд є недостатньою щодо розчиненої органіки (ПО) та загального солевмісту в умовах кліматичного маловоддя річки. Це повністю обґрунтовує та підтверджує доцільність і науково-практичну вчасність впровадження на об'єкті нової лінії мембранної ультрафільтрації (NEFCO), запуск якої дозволить повністю нівелювати зафіксовані сезонні коливання органічного та бактеріального забруднення.

3.3 Висновки до розділу 3

На основі ретроспективного аналізу багаторічних моніторингових даних екологічного стану річки Південний Буг та якісних показників питної води в резервуарах чистої води (РЧВ) міста Первомайськ за період 2016–2025 років, сформульовано комплексно-інтегрований науковий висновок щодо ефективності функціонування системи водопідготовки.

Органічне забруднення та екологічні ризики. Аналіз перманганатної окиснюваності (ПО) як головного індикатора вмісту розчиненої органіки

засвідчив стабільно високе антропогенне та природне навантаження на поверхневе джерело. Пікові значення ПО у річковій воді зафіксовані у 2017 році ($10,3 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$), після чого спостерігається тенденція до незначного зниження та стабілізації у 2023–2025 рр. на рівні $7,6\text{--}8,05 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Традиційна реагентна схема очищення забезпечує зниження ПО в РЧВ у середньому на 40–50% (до рівня $3,71\text{--}4,58 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$), що формально відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10. Проте хронічна присутність органічних сполук на межі нормативних лімітів створює постійні ризики утворення токсичних хлорорганічних побічних продуктів дезінфекції.

Біогенне навантаження та процеси нітрифікації. Дослідження трансформації сполук азотної групи виявило чітку позитивну динаміку. Концентрація амонію у вихідній воді знизилася з критичних $0,456 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (2016 р.) до екологічно безпечних $0,26 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (2025 р.). Існуючий бар'єрний комплекс ОСВ демонструє високу технологічну ефективність щодо азоту амонійного та нітритів, знижуючи їхній вміст у РЧВ до мінімальних значень (до $0,125 \text{ мг}/\text{дм}^3$ та $0,019 \text{ мг}/\text{дм}^3$ відповідно у 2025 р.), що свідчить про стабільне проходження процесів окиснення на піщаних фільтрах.

Мінералізація та транзит солей. Показники сольового балансу (сухий залишок, сульфати, хлориди, загальна жорсткість) відображають прогресуючий тренд до посилення мінералізації під впливом кліматичного маловоддя. Сухий залишок у річці зріс із $403,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (2016 р.) до пікових $508 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (2023 р.). Оскільки діюча технологічна схема не передбачає демінералізації, графіки РЧВ і річки практично дублюють один одного ($471 \text{ мг}/\text{дм}^3$ у РЧВ проти $470 \text{ мг}/\text{дм}^3$ у річці на 2025 р.). Загальна жорсткість води впродовж усього 11-річного періоду залишається високою і стабільною ($5,78\text{--}6,18 \text{ мг-екв}/\text{дм}^3$ при нормі $7 \text{ мг-екв}/\text{дм}^3$), що підтверджує транзитний характер мінеральних солей через очисні споруди.

Метали та водневий показник. Вміст міді є абсолютно безпечним і стабільним ($0,09\text{--}0,13 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

РОЗДІЛ 4. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

В умовах антропогенного навантаження, кліматичних змін та транскордонного забруднення водних об'єктів, проблема дефіциту питної води в Україні набула статусу загрози національній безпеці. Особливо гостро ця проблема постає в південних регіонах України, зокрема в Миколаївській області, яка традиційно належить до вододефіцитних територій і характеризується високим рівнем техногенного навантаження на водні екосистеми.

Місто Первомайськ – другий за величиною промисловий та культурний центр Миколаївщини, екологічний стан системи питного водопостачання якого сьогодні викликає серйозне занепокоєння.

Основним джерелом питного водопостачання міста є річка Південний Буг. Проте якість води у річці в межах Первомайського водозабору суттєво погіршується під впливом комплексу чинників: скидання недостатньо очищених стічних вод вище за течією, змивів з сільськогосподарських угідь, а також через цвітіння води у літній період, спричинене евтрофікацією. За сучасними екологічними оцінками, якість поверхневих вод у цьому створі періодично коливається від «задовільної» до «небажаної» за гідрохімічними та санітарно-токсикологічними показниками.

На основі аналізу еколого-гідрологічних умов встановлено, що Миколаївська область належить до вододефіцитних регіонів із високим ступенем антропогенного навантаження на водні об'єкти, екологічний стан яких суттєво погіршився внаслідок військових дій та системного зносу комунальної інфраструктури. Визначено, що місто Первомайськ має критичну залежність від єдиного поверхневого джерела водозабору – річки Південний Буг, яка піддається значним сезонним гідрохімічним коливанням, процесам евтрофікації та вторинному забрудненню у застарілій розподільній мережі міста.

В роботі визначено, що система водопостачання міста Первомайськ – це складний еколого-інженерний комплекс, що перебуває на етапі глибокої технологічної трансформації. Окреслено ключові проблеми застарілої інфраструктури: високу вразливість єдиного поверхневого джерела водозабору (річки Південний Буг), значний знос (60–70%) розподільних мереж і ризику вторинного забруднення води.

Водночас в роботі відображено інноваційні перспективи розвитку об'єкта завдяки введенню в експлуатацію у 2026 році нової енергоефективної лінії очищення потужністю 7000 м³/добу на основі сучасної технології мембранної ультрафільтрації за підтримки корпорації NEFCO та грантів ЄС і Данії.

Методологічний апарат дипломної роботи побудовано на принципах системного екологічного моніторингу. Головною науковою цінністю обраного методу є проведення ретроспективного та статистичного аналізу значного масиву емпіричних даних за період (2016–2025 рр.). Застосування методів статистики дозволяє об'єктивно виявити багаторічні закономірності коливань якості води під впливом кліматичних та антропогенних чинників.

На основі аналізу моніторингових даних екологічного стану річки Південний Буг (створ водозабору) та якісних показників питної води в резервуарах чистої води (РЧВ) міста Первомайськ за період 2016–2025 років, було сформульовано важливий висновок. Зіставлення багаторічних часових рядів із нормативними вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 дозволило виявити ключові екологічні тенденції та оцінити бар'єрну роль існуючих споруд водопідготовки.

Узагальнюючи результати ретроспективного аналізу (2016–2025 рр.), можна констатувати, що існуючий комплекс ОСВ м. Первомайськ загалом справляється із затриманням грубодисперсних суспензій, азотної групи та зниженням заліза. Проте бар'єрна роль споруд є недостатньою щодо розчиненої органіки (ПО) та загального солемісту в умовах кліматичного маловоддя річки. Це повністю обґрунтовує та підтверджує доцільність і науково-практичну вчасність впровадження на об'єкті нової лінії мембранної ультрафільтрації

(NEFCO), запуск якої дозволить повністю нівелювати зафіксовані сезонні коливання органічного та бактеріального забруднення.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ СИСТЕМИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів під час дослідження системи водопостачання

Основні загрози для чистої питної води: розкриваємо 5 головних ворогів

Головна проблема — сільськогосподарські відходи.

Сільське господарство продовжує залишатись одним із найбільших споживачів води на планеті, забираючи майже 70% усіх доступних водних ресурсів. Жодна інша галузь не використовує так багато води.

За офіційними даними, аграрний сектор України витрачає близько 20% водних резервів країни. Але чи відповідає це дійсності? У межах Європейського Союзу на потреби агросектору припадає близько 40% води, а в глобальному масштабі цей показник сягає 70%. В Україні ж частина господарств уникає обліку та звітування про фактичне використання водних ресурсів, що робить реальну статистику туманною.

Широке застосування зрошувальних систем чинить суттєвий вплив на гідрологічні системи: збільшення площ для зрошення часто стає причиною деградації водно-болотних угідь, виснаження підземних водоносних шарів і порушення водопостачання у нижніх течіях річок. При цьому з полів вимиваються добрива, насичені нітрогеном і фосфором, що спричиняє евтрофікацію водойм. Такий процес стимулює неконтрольоване розростання водоростей, зменшення рівня розчиненого кисню у воді та серйозно шкодить екосистемам водойм.

Другим серйозним ворогом чистої питної води є промислові відходи. Різноманітні види забруднень загрожують стану водних ресурсів, а серед ключових джерел промислових викидів можна виділити наступні:

Нафтопродукти. Ці речовини використовуються як паливо, мастила або утворюються під час виробництва пластмас. Вони забруднюють воду через випадкові витоки або скидання стічних вод у водойми.

Важкі метали. До цієї категорії належать такі елементи, як мідь, свинець і селен, які потрапляють у воду внаслідок діяльності промислових підприємств, автомобільної індустрії, гірничодобувного комплексу та систем очищення відпрацьованого повітря.

Небезпечні відходи. Це корозійні та легкозаймисті матеріали, які утворюються у процесі будівництва, промислового виробництва та поводження з утилізацією відходів. Через неправильне поводження вони нерідко проникають у водні джерела.

Відкладення токсичних речовин. Токсини, що не знешкоджуються природним шляхом, осідають у донних шарах водойм в результаті скидання забруднених стічних вод. Згодом ці шкідливі речовини можуть просочуватися у ґрунтові води або забруднювати воду під час повеней чи розчищень дна.

Пер- та поліфторовані алкільні сполуки (PFAS). Ці хімікати походять переважно із текстильного виробництва, обробки металів чи вогнегасних продуктів. PFAS є особливо небезпечними через нездатність до природного розкладу і здатність накопичуватися в організмах, зокрема в жировій тканині й материнському молоці ссавців.

Усі зазначені забруднювачі становлять серйозну загрозу як для водних екосистем, так і для здоров'я людей і тварин. Неналежна утилізація або скидання забруднених стоків без очищення може не лише мати катастрофічні екологічні наслідки, але й спричинити правову відповідальність та економічні санкції для компаній, причетних до таких дій.

У Європі вже десятиліттями діють суворі екологічні норми — підприємства зобов'язані ретельно очищувати або попередньо обробляти стічні води перед їхнім скиданням у громадські каналізаційні системи чи річкові водойми. Такі запобіжні заходи покликані захищати природні ресурси від індустріального забруднення.

Проте, у багатьох країнах світу, зокрема й в Україні, контроль за промисловими стоками залишається недостатньо жорстким. Це створює серйозну екологічну загрозу і потребує термінових змін задля збереження

водних ресурсів і забезпечення їхньої доступності для всіх майбутніх поколінь.

Третя загроза для чистої питної води — це побутові стічні води. Їх забруднення стало непомітною, але надзвичайно потужною загрозою для екосистем по всьому світу. Забруднені води, насичені токсичними речовинами і патогенами, завдають значної шкоди кораловим рифам, які відіграють ключову роль у підтримці океанічного біорізноманіття, а також прісноводним екосистемам, що забезпечують життя мільйонів людей. Фахівці застерігають: без своєчасного втручання наслідки можуть стати незворотними. Тільки спільні зусилля екологів, медиків і науковців здатні допомогти у боротьбі з цією проблемою. Інновації, як-от безвідходні санітарні системи та технології відновлення ресурсів, являють собою перспективний шлях до розв'язання ситуації.

За даними досліджень, понад 4,5 мільярда людей не мають доступу до якісних санітарних умов, що спричиняє масштабне забруднення річок, озер і океанічних прибережних зон. Таке втручання в природні процеси не лише загрожує здоров'ю населення, але й руйнує екосистеми, які підтримують життєдіяльність планети. Особливо страждають коралові рифи через надлишкове накопичення поживних речовин, що стимулює ріст водоростей та утворення "мертвих зон" із критично низьким рівнем кисню. У результаті корали гинуть, і разом із ними руйнується морське середовище, життєво важливе для багатьох видів.

Устричні рифи, інше ключове середовище існування для морських організмів, також страждають через забруднення стічними водами. Устриці, які виконують функцію природного фільтру для води, накопичують у своїх тканинах токсини та важкі метали. Це не лише робить їх небезпечними для споживання людьми, але й загрожує самому існуванню цього виду.

Для подолання цієї глобальної кризи важливе налагодження міждисциплінарної співпраці. Зусилля з охорони довкілля мають поєднуватися із заходами, спрямованими на поліпшення системи охорони

здоров'я. Розробка сучасних способів управління стічними водами — один із ключових кроків у цьому напрямку. Використання передових технологій, таких як безвідходні санітарні системи і методи відновлення ресурсів, здатне суттєво зменшити негативний вплив людської діяльності на навколишнє середовище та забезпечити довготривалу гармонію між природою і суспільством.

Четвертий виклик для забезпечення чистоти питної води — мікропластик. Це найдрібніші частинки пластику, розмір яких не перевищує 5 мм. Лише в другій половині ХХ століття проблема мікропластика почала привертати увагу, коли з'явилися перші дослідження про його потенційну токсичність. Відтоді масштаби виробництва пластмас стрімко збільшилися, зростаючи більше ніж у 50 разів за останні сім десятиліть, чим загострили глобальне забруднення цими мікрочастинками.

Щорічно у світі виготовляється понад 380 мільйонів тонн полімерів, а їх загальний обсяг з 1950 до 2018 року сягнув близько 6,3 мільярда тонн. При цьому лише 9% від цієї маси було перероблено, ще 12% спалено, а значна частина залишилася на планеті у вигляді відходів — це понад 5 мільярдів тонн. Щорічно до океанів скидається близько 8 мільйонів тонн пластику, що сприяє утворенню величезного сміттевого острова в Тихому океані площею приблизно 1,6 мільйона км². Цей острів складається з різних видів пластику, водоростей, планктону і, зокрема, мікропластику.

Джерела забруднення можуть бути як первинними, так і вторинними. До первинних джерел належать:

- Промислові матеріали – гранули та порошки, що застосовуються в побутовій хімії, косметичі, виробництві шин, фарб тощо.

- Стічні води від доріг – значна частина первинного мікропластику потрапляє у водойми через дощові стоки.

- Прання синтетичних текстильних волокон – дрібні частинки тканини вимиваються у процесі прання та потрапляють у воду.

- Виробництво пластикових предметів – дрібні частинки виділяються під час виробництва пластмасових продуктів або їх додаткових компонентів.

Серед вторинних джерел:

- Розкладання пластикових виробів – пакети чи пляшки деградують на дрібніші часточки. - Антикоровісні покриття суден – джерело забруднення морського середовища під час експлуатації кораблів.

Мікропластик сьогодні присутній повсюдно: у воді, ґрунті та повітрі. Він потрапляє у харчовий ланцюг через водорості, рибу та морських організмів. Така взаємодія може негативно впливати на екосистему: мікрочастинки прилипають до водоростей і коралів, гальмуючи їхній ріст і розвиток.

Небезпека для людини полягає у здатності мікропластику проникати в організм із споживанням риби чи морепродуктів. Через токсичні домішки він може провокувати імунну реакцію організму, запальні процеси та інші станції здоров'я.

Рішення проблеми забруднення питної води мікропластиком потребує інноваційних технологічних рішень. Деякі централізовані системи водоочищення вже дозволяють знизити концентрацію дрібних часток у воді в десятки разів залежно від їхнього розміру. Ультрафільтраційні установки видаляють до 99% таких частинок, проте їх застосовують далеко не на всіх станціях водопідготовки. Для домашнього використання ефективними є фільтри із застосуванням гранульованого активованого вугілля для видалення частинок понад 5 мкм або технологія зворотного осмосу для очищення води від найменших частинок (менших за 0,01 мкм).

П'ятий фактор, що становить загрозу для чистоти питної води, — це фекальне забруднення. Це явище виникає внаслідок скидання стічних вод, які містять патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії, віруси та паразити. Таке забруднення є ключовим чинником поширення численних водно-індукованих захворювань, серед яких діарея, холера, дизентерія, тиф і поліомієліт. Вода, забруднена фекальними відходами, несе значну загрозу для здоров'я

населення, особливо у регіонах із недостатньо розвиненими системами санітарії та очистки стічних вод.

Чиста питна вода є незамінним ресурсом для здоров'я та життєдіяльності людини, проте сучасні екологічні виклики та антропогенна діяльність суттєво підривають її доступність і якість. Забруднення водних ресурсів через сільськогосподарські стоки, промислові викиди, побутові стічні води, мікропластики та фекальні відходи має руйнівний вплив як на екосистеми, так і на людське здоров'я. У контексті України ці проблеми поглиблюються додатковими обтяжливими обставинами, зокрема війною та негативними кліматичними змінами.

Усвідомлення характеру й масштабів таких загроз є критично важливим для розробки ефективних заходів їх подолання. До ключових кроків у цьому напрямі належить впровадження інноваційних підходів до управління водними ресурсами, модернізація інфраструктури очищення стічних вод, мінімізація використання пластмас і пестицидів, а також посилений контроль за промисловими відходами.

У цьому контексті міжнародні ініціативи, такі як Цілі сталого розвитку ООН і відповідні європейські директиви, пропонують дієві моделі вирішення проблем водозабезпечення. Проте досягнення комплексних і довгострокових результатів вимагає глобальної співпраці та активного залучення всіх рівнів — від локальних спільнот до урядів та міжнародних організацій.

Тільки синхронізуючи зусилля та впроваджуючи ефективні стратегії, можна забезпечити безпечний доступ до чистої питної води для сучасного та майбутнього поколінь. Це є фундаментом не лише здоров'я населення, а й загального добробуту суспільства[15].

5.2. Заходи забезпечення безпечних умов праці

Умови праці становлять сукупність елементів виробничого середовища та робочого процесу, які впливають на функціональний стан організму людини, зокрема на її здоров'я, працездатність, рівень задоволення працею та

ефективність діяльності. Зазвичай умови праці класифікуються за наступними групами факторів:

1. Санітарно-гігієнічні фактори: включають характеристику мікроклімату виробничого простору, тобто температури, вологості, швидкості руху повітря, умов освітлення, рівня шуму та вібрацій. Вони також охоплюють вплив кольорового оформлення приміщень та обладнання на працівників.

2. Естетичні фактори: враховують дизайнерське вирішення інтер'єру, зокрема кольорову палітру, озеленення робочих зон, а також використання елементів мистецтва (наприклад, живопису чи прикладного мистецтва) для створення комфортного та сприятливого середовища.

3. Психофізіологічні фактори: включають методи і засоби, що забезпечують високу продуктивність праці та збереження здоров'я працівників. Це може бути ритмізація трудового процесу, правильне чергування роботи і відпочинку, зміна форм діяльності, впровадження активних форм організації праці та відновлення сил.

4. Соціально-психологічні фактори: спрямовані на формування психологічної готовності людини до роботи в умовах використання нової техніки чи інновацій. Сюди входить подолання психологічних бар'єрів, створення здорового психологічного клімату в колективі й розвиток ефективних стосунків між керівником і підлеглими. Особлива увага приділяється використанню практичних рекомендацій і науково обґрунтованих принципів спілкування для зміцнення командної взаємодії.

Ці фактори відіграють ключову роль у забезпеченні сприятливого трудового середовища, що не лише допомагає досягти високої продуктивності, але й сприяє збереженню фізичного і психологічного благополуччя працівників[16].

Фактори, які загрожують здоров'ю працівників, є об'єктом постійної уваги фахівців. До них відносять умови праці, що повільно й незворотно впливають на фізичний та психічний стан людей. Хімічні, фізичні та біологічні фактори, як-от контакт із токсичними речовинами, канцерогенами чи агресивними хімікатами, а також стресові умови роботи створюють значний ризик. Це може призвести до

таких наслідків, як злоякісні пухлини, отруєння організму, хвороби дихальної системи, емоційне вигорання чи навіть серйозні психічні розлади.

Основним фактором, що визначає рівень ризику для здоров'я на робочому місці, є характер професії, який залежить від виробничих і технологічних умов. Наприклад, шахтарі, які щоденно працюють у середовищі із забрудненим вугільним пилом, стикаються з серйознішим ризиком захворювань порівняно з менеджерами офісного середовища. Працівники, що мають справу з радіоактивним випромінюванням, також мають вищу ймовірність розвитку онкологічних захворювань ніж ті, хто займається викладанням у школах.

Для зменшення кількості професійних захворювань та нещасних випадків уряд впроваджує стандарти безпеки. Особлива увага приділяється попередженню травм у переробній промисловості та впливу шкідливих хімічних і фізичних факторів. Наприклад, виробники й перевізники повинні маркувати контейнери з речовинами, забезпечувати їх безпечне використання й надавати інструкції щодо їх впливу. У свою чергу, роботодавці зобов'язані ознайомити працівників із цією інформацією, забезпечити спеціальне навчання та захисний одяг. Важливу роль у цій роботі виконує менеджмент підприємств.

Крім того, багато залежить від цілей і пріоритетів керівництва. Відповідальні менеджери часто впроваджують програми з охорони здоров'я ще до того, як це стане законодавчою вимогою. До таких програм входять навчання співробітників, конкурси чи ведення статистики ризиків. Однак є й менш відповідальні управлінці, які намагаються обійти законодавчі вимоги. Саме від їхніх дій залежить успіх програм безпеки на підприємствах.

На ефективність і комфорт роботи оператора впливають належна організація робочого місця, засоби відображення інформації, а також елементи управління машиною. Всі ці складові повинні бути максимально зручними, щоб уникнути будь-яких перешкод або відчуття дискомфорту під час роботи, а також забезпечити зниження стомлюваності.

Ключовим фактором створення комфортних умов для оператора ЕОМ є правильна організація його робочого місця. В цьому аспекті не слід недооцінювати навіть найменші деталі: той чи інший, на перший погляд незначний, фактор при тривалій роботі може спричинити дискомфорт, негативно вплинути на продуктивність, а інколи навіть посприяти розвитку захворювань.

Робоче місце оператора ЕОМ являє собою простір трудової діяльності у системі «людина-машина», оснащений усім технічним і допоміжним обладнанням, необхідним для виконання конкретних професійних завдань.

При проектуванні та розташуванні елементів робочого місця враховуються такі аспекти:

- оптимальна робоча поза оператора;
- достатній простір для комфортного виконання всіх необхідних рухів;
- фізичні, зорові та слухові взаємозв'язки між оператором і обладнанням;
- можливість огляду простору за межами робочої зони;
- зручність ведення записів, розміщення документації і матеріалів, необхідних в процесі роботи.

Особливу увагу слід приділити конструктивному і естетичному оформленню обладнання для мінімізації стомлюваності. Робочі меблі повинні мати можливість індивідуального регулювання відповідно до антропометричних параметрів працівника, що дозволяє забезпечити правильну позу. При цьому меблі мають відповідати державним стандартам ДСТ 12.2.032-78 і ДСТ 22269-76.

Грамотно організоване робоче місце дозволяє підвищувати продуктивність праці операторів ЕОМ на 8-20%, що суттєво впливає на загальну ефективність роботи [17].

5.3. Цивільний захист та безпека систем водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій

Повномасштабна війна суттєво вплинула на функціонування критичної інфраструктури України. Особливо вразливою виявилася водопровідно-каналізаційна система, оскільки стабільність водопостачання напряду залежить від електроенергії, технічного стану мереж і безпеки об'єктів.

Попри регулярні обстріли, відключення електроенергії та зростання витрат, водоканали країни продовжують виконувати свою головну задачу — забезпечення населення водою.

Як водоканали готуються до надзвичайних ситуацій

З початком повномасштабного вторгнення підприємства водопостачання почали активно впроваджувати стратегії для роботи в умовах кризових обставин.

Серед найважливіших заходів:

- накопичення резервних запасів води;
- посилення охорони критичних об'єктів;
- розробка альтернативних схем енергозабезпечення; - підготовка генераторів для автономної роботи; - придбання додаткових ємностей для зберігання та транспортування води.

Альтернативні джерела водопостачання

У багатьох містах передбачені резервні механізми доступу до води:

Бювети та свердловини

Локації цих об'єктів зазвичай зазначені на офіційних сайтах чи в соціальних мережах місцевих комунальних служб. Наприклад, у Києві відповідні дані публікує «Київводфонд». Також доступні інтерактивні карти бюветів, які розробляють міські організації.

Вуличні водорозбірні колонки

Адреси таких колонок часто оприлюднюють водоканали у своїх інформаційних каналах, включаючи офіційні сайти, Facebook або Telegram.

Підвезення води

У випадку масштабних аварій організовується доставка води автоцистернами до окремих пунктів. Інформація про місця та графіки підвозу

оперативно оновлюється на офіційних ресурсах міських рад, водоканалів та служб цивільного захисту, а також у соцмережах[18].

Останнім часом, у контексті російської агресії, стихійних лих та техногенних аварій, критична інфраструктура, особливо водогони, зазнає систематичних руйнувань. Аварії на водозаборах, насосних станціях та відсутність централізованого водопостачання і каналізації стають серйозною проблемою. У ситуації тривалих блекаутів питання доступу до питної води набуває особливої важливості для жителів територіальних громад Павлоградського району, створюючи ризик нестачі питної і технічної води, а також погіршення санітарних умов.

Через перебої в системах постачання води та водовідведення населення може змушено використовувати неякісну або забруднену воду. Це ускладнює дотримання особистої гігієни, санітарно-гігієнічних норм у побуті, зокрема під час приготування їжі. Павлоградське районне управління Держпродспоживслужби Дніпропетровської області акцентує увагу на тому, що якісна питна вода — ключовий фактор здоров'я та безпеки населення. Вода повинна відповідати державним санітарним нормам ДСанПіН 2.2.4-171-10, бути прозорою, без запаху і кольору, а також безпечною для здоров'я.

Ключовою проблемою під час блекаутів є зупинка роботи енергозалежних насосних станцій, що призводить до припинення постачання води та функціонування каналізації. Наслідки таких ситуацій включають дефіцит води та ризик її забруднення, що сприяє поширенню інфекційних захворювань, таких як вірусний гепатит А, ротавірусна інфекція, дизентерія, черевний тиф, кишкові інфекції та паразитарні хвороби. Негарантована якість води може також ставати причиною отруєнь, сечокам'яної хвороби й метгемоглобінемії через підвищений рівень нітратів (понад 50 мг/л).

Для запобігання негативним наслідкам рекомендовано використовувати воду з альтернативних джерел — свердловин, бюветів, колодязів. Однак такі джерела мають бути облаштовані згідно з санітарними нормами. Місцева влада повинна забезпечити населення інформацією про доступні альтернативи.

Серед стратегічних завдань Павлоградського районного управління Держпродспоживслужби сьогодні — активна робота щодо інформування громадян і місцевих органів самоврядування про важливість належного утримання, дезінфекції й облаштування як приватних, так і громадських колодязів. Стримуючи потенційні ризики, власникам таких споруд необхідно суворо дотримуватися санітарного законодавства (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Біля кожного колодязя слід дбати про чистоту території, організувати відведення поверхневих вод і уникати будь-якої діяльності в радіусі 50 метрів, що може спричинити забруднення ґрунту чи води (наприклад, миття автомобілів чи випас худоби). Використання загальних відер чи іншого необладнаного посуду також заборонено.

Власники колодязів повинні щорічно виконувати планові перевірки, ремонт, очищення і дезінфекцію споруди. Після кожного подібного заходу необхідно проводити знезараження води та здійснювати лабораторні дослідження її якості й безпеки (щонайменше двічі з інтервалом між відборами у 24 години) [19].

У разі виникнення надзвичайної ситуації, особливо за відсутності централізованого водопостачання, мешканці змушені використовувати для пиття та приготування їжі воду з будь-яких доступних джерел. Головне завдання — запобігти спалаху інфекційних захворювань та харчових отруєнь, особливо пов'язаних із передачею через воду. У таких умовах важливо забезпечити очищення та знезараження води в домашніх умовах.

Ось декілька надійних способів очищення води від шкідливих домішок і речовин, щоб зробити її безпечною для споживання:

1. Оцінка якості води. Перед тим як очищувати воду, оцініть її за кольором і запахом:

- Вода не повинна мати забарвлення. Огляньте її в білому або прозорому посуді на світлому фоні.

- Налийте половину або третину об'єму пляшки й енергійно струсіть. За наявності піни на поверхні така вода непридатна до споживання.

- Перевірте запах. Якщо він нагадує хімічні речовини, бензин чи інші неприємні аромати, використання такої води для пиття та приготування їжі заборонено. Якщо вода відповідає цим критеріям, її можна знезаражувати.

2. Кип'ятіння — найефективніший спосіб знезараження.

- Доведіть воду до кипіння й кип'ятіть її 10–15 хвилин, починаючи від моменту закипання. Чим довше кип'ятіння, тим більше вірусів та бактерій буде знищено.

- Після охолодження воду слід акуратно злити, не збовтуючи осад на дні.

- Якщо можливо, пропустіть відстояну кип'ячену воду через побутовий фільтр. Зберігайте таку воду в чистих закритих ємностях не довше ніж одну добу. Якщо немає можливості провести термічну обробку, скористайтеся спеціальними хімічними засобами.

3. Хімічне знезараження активним хлором.

- Використовуйте таблетки з активним хлором, які мають антибактеріальні властивості та довготривалий термін зберігання.

- Перед застосуванням уважно ознайомтеся з інструкцією: дізнайтеся рекомендовану кількість таблеток для певного об'єму води і час очікування для ефективного знезараження.

4. Використання водяних фільтрів.

- Заздалегідь запасіться кількома побутовими фільтрами для очищення води. Використовуйте їх для додаткової фільтрації води з криниць чи бюветів після кип'ятіння.

Не забувайте також підготувати пляшку питної води для своєї «тривожної валізки» перед відправленням до укриття!

Однак варто пам'ятати: якщо у вас або у членів вашої родини з'являться ознаки інфекційного захворювання (підвищення температури тіла, озноб, запаморочення, головний біль, біль у животі, нудота, пронос, кашель, жовтушність шкіри чи склер очей, висипи, гнійники тощо), не відкладайте звернення до медичної установи. Ні в якому разі не займайтеся самолікуванням[19].

5.4 Висновки до розділу

Роботи, пов'язані з експлуатацією систем водопостачання, особливо водозабірних споруд, насосних станцій і колодязів, потребують підвищеної уваги через наявність небезпечних і шкідливих чинників. Серед основних ризиків — загазованість, можливість падіння, ураження електричним струмом та робота в замкнених просторах, що створює загрозу для життя і здоров'я персоналу. Проведення робіт у колодязях та підземних комунікаціях дозволяється лише за наявності наряду-допуску. До виконання таких робіт обов'язково залучається бригада не менше ніж із трьох осіб. Працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом і взуттям, засобами для захисту органів дихання, а також інструментами, що унеможливають іскроутворення. Автоматизація процесів: Задля зменшення ризиків необхідно активно впроваджувати системи автоматизації та дистанційного управління свердловинами і насосними станціями, що дозволить скоротити присутність людей у небезпечних зонах.

Забезпечення населення питною водою є критично важливим завданням, особливо в умовах воєнного стану або надзвичайних ситуацій. Це вимагає розробки детальних планів реагування. Інженерний захист об'єктів: Резервуари з запасами питної води, водозабірні споруди та насосні станції мають бути надійно захищені від фізичних пошкоджень. У разі серйозних пошкоджень або аварій мереж водопостачання, що призводять до скорочення подачі води на 50% і більше, необхідно мати готові алгоритми відновлювальних робіт. Забезпечення дизель-генераторами дозволить підтримувати безперебійну роботу насосного обладнання навіть у випадках повного знеструмлення систем.

Водопостачальна система повинна забезпечувати відповідність питної води нормам, встановленим ДСанПіН 2.2.4-171-10, що є обов'язковою передумовою її безпечного використання населенням. Моніторинг стану: Системний контроль технічного стану інфраструктури, зон санітарної охорони

та своєчасне проведення ремонтних робіт є запорукою попередження аварій і підвищення ефективності мереж.

Система питного водопостачання відповідає вимогам щодо охорони праці та цивільного захисту за умови суворої відповідності НПАОП 41.0-1.01-79, а також впровадження сучасних заходів автоматизації, технічного моніторингу та інженерного захисту об'єктів.

Біогенне навантаження та процеси нітрифікації. Дослідження трансформації сполук азотної групи виявило чітку позитивну динаміку. Концентрація амонію у вихідній воді знизилася з критичних 0,456 мг/дм³ (2016 р.) до екологічно безпечних 0,26 мг/дм³ (2025 р.). Існуючий бар'єрний комплекс ОСВ демонструє високу технологічну ефективність щодо азоту амонійного та нітритів, знижуючи їхній вміст у РЧВ до мінімальних значень (до 0,125 мг/дм³ та 0,019 мг/дм³ відповідно у 2025 р.), що свідчить про стабільне проходження процесів окиснення на піщаних фільтрах.

Мінералізація та транзит солей. Показники сольового балансу (сухий залишок, сульфати, хлориди, загальна жорсткість) відображають прогресуючий тренд до посилення мінералізації під впливом кліматичного маловоддя. Сухий залишок у річці зріс із 403,6 мг/дм³ (2016 р.) до пікових 508 мг/дм³ (2023 р.). Оскільки діюча технологічна схема не передбачає демінералізації, графіки РЧВ і річки практично дублюють один одного (471 мг/дм³ у РЧВ проти 470 мг/дм³ у річці на 2025 р.). Загальна жорсткість води впродовж усього 11-річного періоду залишається високою і стабільною (5,78–6,18 мг-екв/дм³ при нормі 7 мг-екв/дм³), що підтверджує транзитний характер мінеральних солей через очисні споруди.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У дипломній роботі здійснено комплексне екологічне та санітарно-гігієнічне оцінювання стану системи питного водопостачання міста Первомайськ Миколаївської області. На основі аналізу нормативно-правової бази, гідрохімічних і мікробіологічних показників якості води, а також оцінки технічного стану водопровідної інфраструктури в умовах сучасних техногенних та військових викликів, сформульовано такі основні наукові та практичні висновки:

1. Аналіз нормативно-законодавчого регулювання та міжнародного досвіду. Дослідження чинної правової бази засвідчило, що фундаментом регулювання галузі в Україні є Водний кодекс та Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», а контроль безпосередньо здійснюється відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10. Проте в умовах євроінтеграції виявлено нагальну потребу в подальшій гармонізації національних нормативів із вимогами Директиви ЄС 2020/2184. Порівняльний аналіз ГДК продемонстрував, що європейські стандарти є значно жорсткішими до індикаторів антропогенного навантаження (наприклад, ліміти на азот амонійний та нітриту нижчі у 4–6 разів) та вмісту важких металів, а також фокусуються на випереджальному управлінні ризиками через розробку Планів безпеки води (ПБВ).

2. Еколого-гідрологічна специфіка джерела водопостачання. Встановлено, що Миколаївська область належить до гостро вододефіцитних регіонів України, де поверхневі джерела забезпечують понад 70% водоспоживання. Для міста Первомайськ єдиним і безальтернативним джерелом централізованого водопостачання є річка Південний Буг. Екологічний стан річки в межах Первомайського водозабору характеризується значною напруженістю та вираженою сезонною динамікою. Основними чинниками погіршення якості поверхневого стоку є транскордонне забруднення, скиди недостатньо очищених

стічних вод вище за течією, масштабний аграрний змив сполук азоту й фосфору, а також прогресуюча літня евтрофікація («цвітіння води»).

3. Оцінка ефективності технологічної схеми очисних споруд. Комунальне підприємство «Первомайськводоканал» використовує класичну схему реагентної обробки (коагуляція, флокуляція), відстоювання, швидкого піщаного фільтрування та хлорування. Дані технологічні рішення, запроєктовані у другій половині ХХ століття, є морально застарілими та неефективними проти сучасного рівня антропогенного забруднення. Традиційні бар'єри не здатні повністю затримувати розчинені органічні сполуки та мікрозабруднювачі (пестициди, ПАР). Щонайбільше, хлорування вихідної води з високим вмістом природної органіки створює пряму екологічну загрозу утворення вторинних канцерогенних хлорорганічних токсикантів, зокрема тригалометанів.

4. Проблема вторинного забруднення у розподільних мережах. На основі аналізу стану міського водопроводу виявлено критичний рівень його технічного зносу (амортизація понад 60–70%), оскільки значна частина сталевих та чавунних труб експлуатується більше 40–50 років. Внутрішня корозія та утворення застійних біоплівки призводять до масштабного явища вторинного забруднення транспортуємої води. Навіть за умови виходу кондиційної води з очисних споруд, до кінцевого споживача вона надходить із суттєво підвищеними показниками каламутності, високим вмістом заліза (іржі) та незадовільними органолептичними властивостями.

5. Стан децентралізованого водопостачання міста. Дослідження підтвердило, що приватний сектор та правобережна частина міста частково використовують децентралізовані джерела (шахтні колодязі, індивідуальні свердловини). Ці об'єкти живляться з незахищених поверхневих водоносних горизонтів і піддаються постійному екологічному тиску через інфільтрацію неочищених побутових стоків із вигрібних ям.

6. Вплив військових дій та цивільний захист. Повномасштабне військове вторгнення РФ сформувало безпрецедентні виклики для критичної інфраструктури міста. Руїнування енергетичної системи та регулярні графіки

аварійних відключень (ГАВ) спричиняють зупинки насосних станцій та призводять до небезпечних гідроударів у водопровідній мережі, прискорюючи її деструкцію. Водночас «Первомайськводоканал» успішно адаптується до надзвичайних ситуацій за рахунок впровадження автономних генераторів, створення резервних запасів реагентів і розробки схем альтернативного забезпечення та підвезення води населенню цистернами в разі кризових блекаутів.

З метою екологізації системи питного водопостачання міста Первомайськ, підвищення бар'єрної ролі очисних споруд та гарантування санітарної безпеки населення рекомендується реалізувати такий комплекс заходів:

1. **Модернізація технологій водопідготовки на ОСВ.** Необхідно здійснити поетапний відхід від первинного хлорування рідким хлором на користь сучасних та безпечних методів знезараження – преозонування або застосування діоксиду хлору та ультрафіолетового опромінення, що повністю нівелює ризик утворення токсичної хлорорганіки. Для ефективного вилучення розчинених органічних сполук та антропогенних мікрозабруднювачів під час літнього цвітіння річки слід впровадити технологію сорбції на порошкоподібному чи гранульованому активованому вугіллі або розробити блоки мембранного ультрафільтрування.

2. **Реконструкція та санація розподільної мережі.** Пропонується розробити довгострокову муніципальну програму заміни аварійних сталевих та чавунних трубопроводів на сучасні полімерні (поліетиленові) труби. Це дозволить кардинально знизити технологічні втрати питної води, ліквідувати явище вторинного забруднення залізом та продуктами корозії, а також запобігти мікробіологічному інфікуванню води через пориви та падіння тиску.

3. **Впровадження Планів безпеки води (ПБВ).** Відповідно до європейського досвіду та Директиви ЄС 2020/2184, комунальному підприємству спільно з екологічними службами необхідно перейти від пост-фактум фіксації забруднення до превентивної системи оцінювання екологічних ризиків уздовж

усього ланцюга: від вищих створів річки Південний Буг, через зони санітарної охорони водозабору, до очисних споруд і крана безпосереднього споживача.

4. Екологічний контроль джерела та басейновий менеджмент. Потрібно посилити моніторинг скидів стічних вод промислових і комунальних підприємств, розташованих вище за течією Південного Бугу. На місцевому рівні необхідно забезпечити суворе дотримання режиму господарювання у межах прибережних захисних смуг для мінімізації площинного змиву пестицидів та мінеральних добрив з аграрних угідь Первомайщини.

5. Розвиток систем децентралізованого водоочищення. Для територій приватного сектору з високим рівнем нітратів у підземних водах рекомендується ширше впроваджувати локальні колективні установки глибокого очищення води (системи зворотного осмосу) та проводити регулярні санітарно-просвітницькі заходи серед населення щодо небезпеки використання води з неперевіраних шахтних колодязів.

6. Підвищення енергетичної та інфраструктурної стійкості. У межах заходів цивільного захисту необхідно продовжувати нарощування парку автономних дизельних та сонячних генераторів на насосних станціях для нівелювання наслідків блекаутів, а також завершити проектування розгалуженої карти резервних артезіанських свердловин у місті для гарантування альтернативного водозабезпечення у випадку надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

Практична реалізація запропонованих екологічних та інженерних рішень дозволить стабілізувати функціонування водогосподарського комплексу м. Первомайськ, забезпечити його відповідність сучасним стандартам безпеки та гарантувати конституційне право мешканців громади на якісну і безпечну пильну воду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шестопалов О.В.1 , Сақун А.О.1 , Лізантан П.С.1 , Кануннікова Н.О.1 , Гайдучек О.Г.2 , Томашевський Р.С.1 , Воробйов Б.В. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ: СУЧАСНІ АСПЕКТИ І ВИКЛИКИ Екологічні науки № 3(54) URL:<https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2024/3/12.pdf>
2. Про внесення змін до Закону України "Про питну воду та питне водопостачання" URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2047-19#n10>
3. Світлана Потапенко, Олександр Кравченко АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ТА НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ URL:
4. Головне управління Держпродспоживслужби URL: <https://dpss-ks.gov.ua/bez-rubriki/yakist-pitno%D1%97-vodi-ta-%D1%97%D1%97-vpliv-na-zdorovya-naselennya-2>
5. ПЕРВОМАЙСЬКА МІСЬКА РАДА Миколаївської області ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ URL: <http://akts.pervomaisk.mk.ua/showdoc/20612/>
6. ДЕРЖАВНИЙ СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ МІЖНАРОДНИМ СТАНДАРТАМ №06-065/2019 URL: <https://himanaliz.ua/uk/normativi-na-pitnu-vodu-yaka-povinna-bu/>
7. АНАЛІЗ РЕГУЛЯТОРНОГО ВПЛИВУ до проєкту Закону України «Про внесення змін до законів України щодо удосконалення норм законодавства у сфері питного водопостачання та водовідведення» URL: <https://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2024/08/5106.pdf>
8. Крилова Ірина, Національна академія державного управління при Президентіві України Система нормативно-правових актів у сфері водопостачання та водовідведення. Ефективність та реалізація Аспекти публічного управління Том 7 № 1-2 2019 URL: <file:///C:/Users/Asus/Downloads/478-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-651-1-10-20190416.pdf>

9. Управління державного нагляду за дотриманням санітарного законодавства, опубліковано 05 квітня 2023 року о 08:43 URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/hihiiena-vody-vymohy-do-realizatsii-fasovanoi-pytnoi-vody>
10. А.В. Мокієнко АКТУАЛЬНІ ВОДНІ ПРОБЛЕМИ ІННОВАЦІЙНІ ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ URL: https://eprints.oa.edu.ua/id/eprint/9666/1/Vodni_Tehnologii_lekcii.pdf
11. Оцінка якості води централізованого постачання для міста Первомайськ Миколаївської області URL: <https://er.kai.edu.ua/items/b2dd02fd-1e82-4879-b41c-cdfb312e68a8/full>
12. Studfile URL: <https://studfile.net/preview/5286708/>
13. Водопостачання і водовідведення URL: <https://stud.com.ua/27713/tovaroznastvo/vodopostachannya>
14. Питна вода - основа життя та найважливіший фактор здоров'я людини URL: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/novyny/5209-pytna-voda-osnova-zhyttia-ta-naivazhlyvishyi-faktor-zdorovia-liudyny>
15. Основні загрози для чистої питної води URL: <https://dnister.in.ua/articles/379322/osnovni-zagrozi-dlya-chistoi-pitnoi-vodi-rozkrivayemo-5-golovnih-vorogiv>
16. Забезпечення комфортних та безпечних умов праці URL: https://pidru4niki.com/18930414/menedzhment/zabezpechennya_komfortnih_bezpechnih_umov_pratsi
17. Організація робочого місця оператора URL: <https://studfile.net/preview/7329578/page:19/>
18. Вода під час війни: як водоканали України працюють в умовах блекаутів, і що варто знати споживачам URL: <https://ukrvodokanal.in.ua/voda-pid-chas-vijny-yak-vodokanaly-ukrayiny-pratsyuyut-v-umovah-blekautiv-i-shho-varto-znaty-spozhyvacham/>

19. Як забезпечити себе питною водою у разі надзвичайної ситуації
URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/yak-zabezpechyty-sebe-pytnoi-u-vodoiu-u-razi-nadzvychnoi-sytuatsii>

20. URL:<https://www.nefco.int/news/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B8%D1%81%D1%8C%D0%BA-%D0%B7%D0%BC%D1%96%D1%86%D0%BD%D1%8E%D1%94-%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B8%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE/>

21. URL:<https://www.nefco.int/news/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B8%D1%81%D1%8C%D0%BA-%D0%B7%D0%BC%D1%96%D1%86%D0%BD%D1%8E%D1%94-%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B8%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE/>

22. Як працює очищення води на водоканалах URL:
<https://journal.vencon.ua/ua/ochistka-vody-na-vodokanalakh-v-ukraine>

23. URL: <https://www.newater.net/>

24. URL: <https://journal.vencon.ua/ua/mify-ob-obratnom-osmose>