

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384  
Форма № Н-9.02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувачка кафедри екології  
доц. \_\_\_\_\_ Вікторія КАЦЕВИЧ  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи  
освітній ступінь «бакалавр»  
на тему: «Аналіз екологічного стану озер Куряче та Глибоке в місті  
Дніпро»

Виконала: здобувачка вищої освіти 5 курсу,  
групи Ез-1-20  
спеціальності 101 «Екологія»  
освітньо-професійної програми «Екологія»  
Марина ГУЦАНОВА  
(прізвище та ініціали)

Керівник - к.б.н.доц. Лариса ДОЦЕНКО

Дніпро – 2025 рік

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувачка кафедри екології

доц. \_\_\_\_\_ Вікторія КАЦЕВИЧ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Гуцановій Марині Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Аналіз екологічного стану озер Куряче та Глибоке в місті Дніпро»  
затверджена наказом по університету від «16» травня 2025 р. № 1045
2. Термін здачі студентом закінченого кваліфікаційної роботи: «18» червня 2025 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити: РЕФЕРАТ, ВСТУП, ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ, ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ, РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ВИСНОВКИ, СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація у вигляді слайдів

6. Дата видачі завдання: « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лариса ДОЦЕНКО  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Марина ГУЦАНОВА  
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	ВСТУП		виконано
2	РЕФЕРАТ		виконано
3	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ		виконано
4	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ		виконано
5	МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ		виконано
6	РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ		виконано
8	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		виконано
9	ВИСНОВКИ		виконано
10	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		виконано

Студент-дипломник \_\_\_\_\_ Марина ГУЦАНОВА  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лариса ДОЦЕНКО  
(підпис)

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
	РЕФЕРАТ.....	9
1	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
2	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
2.1	Загальні відомості.....	15
2.2	Клімат.....	16
2.3	Геологічна будова і рельєф.....	18
2.4	Гідрогеологічні умови.....	20
2.5	Ґрунти.....	23
2.6	Тваринний світ.....	25
2.7	Рослинність.....	26
3	МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
3.1	Методика відбору проб води та підготовка їх до аналізів....	28
3.2	Визначення загальної суми водорозчинних речовин (сухий залишок).....	29
3.3	Визначення загальної жорсткості води.....	30
3.4	Визначення вмісту кальцію у воді комплексонометричним методом.....	32
3.5	Визначення вмісту магнію у воді.....	34
3.6	Визначення іонів сульфату.....	35
3.7	Визначення іона хлориду.....	37
3.8	Визначення гідрокарбонат - та карбонат-іонів (загальна лужність).....	39
3.9	Визначення вмісту іонів Na <sup>+</sup> та K <sup>+</sup> .....	41
3.10	Визначення вмісту нітратів у воді.....	42
3.11	Визначення масової концентрації нітритів у воді.....	44
3.12	Визначення концентрації іонів водню (рН).....	46
3.13	Перевірка правильності результатів.....	48
4	РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	50
4.1	Об'єкти дослідження.....	50
4.2	Результати досліджень проб вод за основними гідрохімічними показниками якості поверхневих вод.....	51

4.3	Технологічні умови проведення екологічного оздоровлення озера Глибоке міста Дніпро.....	58
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
5.1	Аналіз стану охорони праці.....	62
5.2	Аналіз виробничого травматизму.....	63
5.3	Вимоги безпеки праці під час виконання робіт з використанням електроприладів.....	63
5.3.1	Вимоги безпеки перед початком роботи.....	64
5.3.2	Вимоги безпеки під час виконання робіт.....	64
5.3.3	Вимоги безпеки праці після закінчення роботи.....	65
5.4	Вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	65
5.5	Заходи з покращення стану охорони праці в науковій лабораторії.....	66
	ВИСНОВКИ.....	68
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70

## ВСТУП

Проблема забруднення водних об'єктів є однією з найгостріших екологічних викликів сьогодення, адже вода відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні функціонування природних екосистем, задоволенні потреб людства та підтримці сталого економічного розвитку. В умовах України, де процеси урбанізації та індустріалізації набули інтенсивного характеру, тиск на водні ресурси з боку людини постійно зростає, що призводить до істотного погіршення їх якості [1].

Особливої уваги заслуговує стан міських озер, які є не лише елементами природного середовища, а й виконують рекреаційні, санітарно-гігієнічні, естетичні та водорегулювальні функції. Озера Куряче та Глибоке, розташовані в межах міста Дніпро, є прикладом таких об'єктів, що мають важливе значення для локальної екосистеми. Проте внаслідок зростання антропогенного навантаження — включаючи промислові викиди, неочищені побутові стоки, порушення режиму прибережних захисних смуг — їх екологічний стан стрімко погіршується.

Таке забруднення спричиняє деградацію водного середовища, погіршення санітарно-хімічних показників води, втрату біорізноманіття та створює потенційну загрозу для здоров'я населення, яке використовує ці водойми для відпочинку або господарських потреб. Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю оцінки сучасного екологічного стану озер Куряче та Глибоке, визначення основних джерел забруднення та розробки рекомендацій щодо їх відновлення. Місто Дніпро, як один із найбільших промислових центрів України, характеризується високим рівнем техногенного навантаження, що робить дослідження

водних об'єктів у його межах особливо важливим. Погіршення якості води, евтрофікація, накопичення токсичних речовин і втрата біорізноманіття є типовими проблемами міських озер, які потребують комплексного аналізу та ефективних рішень. Вивчення екологічного стану озер Куряче та Глибоке дозволить не лише оцінити їх поточний стан, але й запропонувати заходи для збереження цих екосистем, що має значення для сталого розвитку регіону [1].

Метою цієї кваліфікаційної роботи є комплексне дослідження екологічного стану озер Куряче та Глибоке, розташованих у межах міста Дніпро. У межах дослідження передбачено виявлення основних факторів, що спричиняють забруднення цих водойм, а також розроблення ефективних рекомендацій щодо покращення їхнього стану. Для досягнення поставленої мети спершу було здійснено огляд наукової літератури з питань моніторингу водних об'єктів з метою узагальнення теоретичних підходів до оцінки стану озерних екосистем. Далі проведено збір і аналіз даних щодо гідрохімічних, гідробіологічних та фізичних характеристик води в озерах, що дозволило оцінити рівень антропогенного впливу на ці водні системи. Особливу увагу приділено ідентифікації основних джерел забруднення, які мають найсуттєвіший негативний вплив. На основі отриманих результатів сформульовано низку пропозицій, спрямованих на покращення екологічного стану озер та збереження їх природної рівноваги.

У межах даного дослідження об'єктом виступають озера Куряче та Глибоке, що розташовані в місті Дніпро. Предметом аналізу є їх екологічний стан, який охоплює оцінку якості води, рівень біорізноманіття та ступінь впливу антропогенних чинників. Для досягнення цілей дослідження були застосовані сучасні методи гідрохімічного аналізу, гідробіологічного обстеження, а також порівняльного аналізу, що дало змогу комплексно оцінити поточний стан водойм і виявити тенденції його зміни. Теоретичну базу роботи склали наукові джерела як українських, так

і зарубіжних дослідників у сфері екології водних екосистем, а також нормативно-правові документи, що визначають вимоги до якості водних ресурсів в Україні.

Практична цінність роботи полягає в отриманні актуальних даних про екологічний стан озер Куряче та Глибоке, які можуть бути використані місцевими органами влади, екологічними організаціями та науковцями для розробки заходів із відновлення цих водойм. Запропоновані рекомендації сприятимуть зменшенню антропогенного впливу, покращенню якості води та збереженню біорізноманіття, що матиме позитивний вплив на екологічну ситуацію в місті Дніпро.

Дослідження екологічного стану озер Куряче та Глибоке є важливим кроком до розуміння проблем міських водних екосистем і пошуку шляхів їх вирішення. Отримані результати сприятимуть формуванню науково обґрунтованого підходу до збереження природних ресурсів у міському середовищі та підвищенню екологічної свідомості суспільства.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Аналіз екологічного стану озер Куряче та Глибоке в місті Дніпро» здобувачки вищої освіти групи Ез-1-20 Марини ГУЦАНОВОЇ.

Кваліфікаційна робота виконана на 71 сторінках, містить 9 рисунків, 1 таблиця і 24 використаних джерела літератури.

Об'єктом дослідження є екологічний стан озер Куряче та Глибоке у місті Дніпро.

Предметом дослідження є фізико-хімічні показники вод, зокрема вміст сульфатів, хлоридів, нітритів, а також рівень рН, електропровідність, сухий залишок, йонний склад та відповідність показників гранично допустимим концентраціям (ГДК).

Метою даної роботи є встановлення рівня забруднення вод озер Куряче та Глибоке, визначення джерел антропогенного навантаження та обґрунтування напрямів екологічного оздоровлення досліджених водойм. Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

Провести аналіз фізико-хімічного складу води озер Куряче та Глибоке.

Порівняти результати із санітарними нормативами та екологічними стандартами.

Обґрунтувати необхідність заходів з відновлення екологічного стану водойм відповідно до сучасних екологічних стратегій України.

Відповідно до визначеної мети та завдань, об'єктами дослідження були обрані озера Куряче та Глибоке, що розташовані в межах міста Дніпро і зазнають значного впливу урбанізаційних та промислових факторів.

**Перелік ключових слів:** озера, поверхневі води, сульфати, нітрити, антропогенне навантаження, фізико-хімічний аналіз, водна екосистема, екологічне оздоровлення.

## 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Проблема забруднення та деградації водних екосистем у міському середовищі є однією з ключових у сучасних екологічних дослідженнях. Озера, як важливі компоненти міських ландшафтів, виконують екологічні, рекреаційні та соціальні функції, але зазнають значного антропогенного впливу, що призводить до погіршення їх стану. Дослідження екологічного стану міських озер, зокрема озер Куряче та Глибоке в місті Дніпро, потребує аналізу теоретичних і практичних підходів до моніторингу водних об'єктів, оцінки джерел забруднення та розробки заходів для їх відновлення. У цьому розділі розглянуто основні літературні джерела, що стосуються екології водних екосистем, методів аналізу їх стану та сучасних підходів до управління водними ресурсами [2].

Дослідження водних екосистем в Україні активно проводяться в контексті оцінки їх екологічного стану та впливу антропогенних факторів. Білецький В. С. та Клименко О. М. у своїх працях наголошують на тому, що міські водойми, такі як озера, є особливо вразливими до забруднення через промислові стоки, побутові відходи та неконтрольоване використання прибережних зон. Автори підкреслюють важливість комплексного моніторингу, який включає гідрохімічні, гідробіологічні та фізичні показники для оцінки стану водойм. Зокрема, у монографії Клименка О. М. «Екологічний моніторинг водних об'єктів» (2019) описано методи аналізу якості води, такі як визначення рівня розчиненого кисню, біогенних елементів (нітратів, фосфатів) і важких металів, які є ключовими для оцінки

евтрофікації та токсичного забруднення. Ці методи є актуальними для дослідження озер Куряче та Глибоке, оскільки вони розташовані в промисловому місті з високим рівнем антропогенного навантаження.

Цінні орієнтири щодо ефективного управління міськими водоймами пропонують і міжнародні дослідження. Зокрема, у праці G. Tchobanoglous «Integrated Solid Waste Management» (2019) наголошується на тісному взаємозв'язку між системою поводження з побутовими відходами та якісним станом водного середовища. Автор акцентує, що однією з головних причин деградації міських озер є хаотичне скидання твердих побутових відходів і неочищених стічних вод. Він підкреслює важливість впровадження інноваційних підходів до очищення стічних вод і систематичного сортування відходів як ключових елементів мінімізації антропогенного впливу на водні екосистеми [3].

Цей підхід є надзвичайно актуальним для аналізу джерел забруднення озер у межах міста Дніпро, де через активну діяльність промислових підприємств і недостатньо розвинену каналізаційну інфраструктуру спостерігається підвищений ризик екологічного навантаження на поверхневі водойми.

Проблема евтрофікації, що є характерною для багатьох міських озер, зокрема й для озер Куряче та Глибоке, детально розглядається у наукових працях Smith V. H. та Schindler D. W. У своїй статті «Eutrophication science: where do we go from here?» (2009) дослідники аналізують основні причини надмірного накопичення поживних речовин у водоймах, насамперед сполук азоту та фосфору. Саме ці речовини спричиняють активне «цвітіння» водоростей, що, у свою чергу, призводить до зниження вмісту розчиненого кисню у воді та порушення водних екосистем. У своїй роботі автори наголошують на необхідності контролю евтрофікаційних процесів шляхом обмеження надходження біогенних елементів. Серед запропонованих заходів — удосконалення систем очищення стічних вод та зменшення

надходження поживних речовин із сільськогосподарських територій. Ці рекомендації мають практичну цінність і можуть бути застосовані до ситуації з озерами Куряче та Глибоке, оскільки в умовах інтенсивної урбанізації міста Дніпро основним джерелом забруднення є саме стоки побутового й промислового походження, що несуть у собі значні обсяги біогенних речовин.

Гідробіологічні аспекти оцінки стану озер висвітлені у працях вітчизняного вченого Романенка В. Д. У його книзі «Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод» (2018) описано методи аналізу біорізноманіття, зокрема дослідження фітопланктону, зоопланктону та бентосних організмів як індикаторів екологічного стану водойм. Автор наголошує, що зміни в структурі біоценозів можуть свідчити про рівень забруднення та деградацію екосистеми. Ці методи є важливими для дослідження озер Куряче та Глибоке, оскільки біологічні показники дозволяють оцінити не лише поточний стан, але й динаміку змін екосистеми під впливом антропогенних факторів.

Сучасне екологічне законодавство та нормативна база відіграють фундаментальну роль у формуванні стратегій сталого управління водними ресурсами. У цьому контексті особливої ваги набуває Національна стратегія управління відходами в Україні на період до 2030 року, розроблена Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Цей стратегічний документ окреслює комплексний підхід до розв'язання проблем забруднення водних об'єктів, орієнтуючись на оновлення та підвищення ефективності інфраструктури поводження з відходами.

У Стратегії значна увага приділяється модернізації очисних споруд, удосконаленню механізмів контролю за промисловими скидами у водойми, а також розбудові сучасної системи моніторингу якісного стану водних ресурсів. Зазначені заходи є критично важливими для покращення

екологічного стану водойм, зокрема озер Куряче та Глибоке, які зазнають істотного антропогенного тиску.

Таким чином, впровадження положень Національної стратегії має слугувати базисом для розроблення дієвих рекомендацій щодо захисту, відновлення та сталого функціонування міських водойм як елементів урбанізованих екосистем.

Міжнародні стандарти, такі як Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС, надають методологічну основу для оцінки та управління водними ресурсами. У документі підкреслюється важливість досягнення «доброго екологічного стану» водойм шляхом моніторингу фізичних, хімічних і біологічних показників. Цей підхід є актуальним для України, яка прагне гармонізувати своє екологічне законодавство з європейськими стандартами. Застосування принципів директиви до озер Куряче та Глибоке може допомогти у формуванні науково обґрунтованих заходів для їх відновлення.

Окремої уваги заслуговують дослідження, присвячені відновленню міських водойм. Наприклад, у роботі Carpenter S. R. «Ecosystem management for lakes and reservoirs» (2016) розглядаються методи ревіталізації озер, такі як аерація, біоманіпуляція та видалення донних відкладень. Автор наголошує на важливості комплексного підходу, який поєднує технічні, біологічні та соціальні заходи для забезпечення сталого використання водойм. Ці методи можуть бути адаптовані до умов озер Куряче та Глибоке, враховуючи їх специфіку та рівень антропогенного впливу [4].

Проблема забруднення міських озер у місті Дніпро також висвітлена в регіональних дослідженнях. Наприклад, у працях місцевих науковців, таких як Статінов В. Ю., підкреслюється, що промислові підприємства, зокрема металургійні та хімічні заводи, є основними джерелами забруднення водойм у регіоні. У статті «Екологічні проблеми водних об'єктів Дніпропетровської області» (2020) автор аналізує вплив важких

металів і органічних сполук на якість води в міських озерах і пропонує заходи з посилення моніторингу та очищення стоків. Ці дані є важливими для аналізу стану озер Куряче та Глибоке, оскільки вони розташовані в зоні промислового впливу.

Таким чином, літературний огляд свідчить про багатогранність підходів до вивчення екологічного стану міських озер. Теоретичні основи моніторингу, методи гідрохімічного та гідробіологічного аналізу, а також міжнародний і вітчизняний досвід управління водними ресурсами створюють міцну основу для дослідження озер Куряче та Глибоке. Водночас аналіз літератури показує, що ефективне відновлення міських водойм потребує комплексного підходу, який поєднує сучасні технології очищення, контроль антропогенного впливу та залучення громадськості до екологічних ініціатив. Ці висновки лягли в основу методології дослідження та розробки рекомендацій у цій кваліфікаційній роботі [5].

## 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Загальні відомості

Місто Дніпро, розташоване в центральній-східній частині України, є одним із найбільших промислових, економічних і культурних центрів країни. Географічно місто лежить на обох берегах річки Дніпро, яка поділяє його на правобережну та лівобережну частини, у межах Дніпровської низовини. Координати міста приблизно становлять 48°28' пн. ш. і 35°02' сх. д. Дніпро займає площу близько 405 км<sup>2</sup>, а його населення на 2025 рік оцінюється приблизно в 950 тисяч осіб. Місто характеризується розвиненою промисловою інфраструктурою, зокрема металургійною, машинобудівною та хімічною галузями, що чинить значний антропогенний вплив на природне середовище, включаючи водні об'єкти [6].

Озера Куряче та Глибоке, які є об'єктами цього дослідження, розташовані в межах міста Дніпро та належать до його урбанізованих водних екосистем. Район дослідження характеризується помірно-континентальним кліматом із теплим літом (середня температура липня +22°C) і м'якою зимою (середня температура січня -4°C). Річна кількість опадів становить близько 550 мм, що сприяє підтримці водного балансу озер, хоча в літній період спостерігається випаровування та зниження рівня води. Геологічна структура району представлена лесовими породами та алювіальними відкладами, що впливають на гідрологічні особливості озер.

Гідрографічна мережа міста, окрім річки Дніпро, включає численні малі водойми та канали, які взаємопов'язані з озерами Куряче та Глибоке через поверхневий стік і підземні води.

Економічна діяльність у районі дослідження зосереджена на промисловому виробництві, що включає підприємства металургії (наприклад, ПрАТ «Дніпровський металургійний завод»), хімічної промисловості та машинобудування. Ці об'єкти є основними джерелами забруднення, зокрема важкими металами, органічними сполуками та біогенними елементами, які потрапляють у водні об'єкти через стічні води та атмосферні опади. Крім того, щільна забудова та інтенсивне використання прибережних зон для рекреації та господарської діяльності посилюють антропогенний тиск на озера. Таким чином, озера Куряче та Глибоке є типовими прикладами міських водойм, екологічний стан яких відображає комплексний вплив природних і антропогенних факторів, що обумовлює необхідність їх детального дослідження [7].

## 2.2 Клімат

Клімат міста Дніпро, де розташовані озера Куряче та Глибоке, характеризується помірно континентальним типом із чітко вираженою сезонністю, притаманною степовій зоні України. Такий клімат суттєво впливає на формування гідрологічних та екологічних характеристик озер, визначаючи водний баланс, температуру води й екосистемні процеси.

Середньорічна температура повітря у досліджуваному районі становить близько  $+9^{\circ}\text{C}$ . Літній період у Дніпрі загалом теплий: середня температура в липні — приблизно  $+22^{\circ}\text{C}$ , а в окремі дні вона може перевищувати  $+30^{\circ}\text{C}$ . Зими м'які, із середньою температурою січня

близько  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хоча іноді фіксуються зниження до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче. Такі температурні зміни суттєво впливають на озера: влітку активне випаровування спричиняє зниження рівня води, тоді як узимку утворюється крига, що обмежує надходження кисню з атмосфери до води, впливаючи на гідробіологічні процеси.

У регіоні щорічна кількість опадів становить приблизно 550 мм, при цьому основна їх частина припадає на літні місяці — червень, липень і серпень. Переважають зливи, які спричиняють інтенсивний поверхневий стік і транспортування забруднень до озер із навколишніх територій — зокрема, із вулиць, промислових ділянок і житлових кварталів. У посушливу погоду, особливо влітку, зменшення опадів сприяє накопиченню біогенних речовин, що може посилювати евтрофікацію води. Середній рівень вологості повітря коливається в межах 60–70%: узимку він вищий, а влітку — нижчий, що також впливає на водний баланс озер Куряче та Глибоке.

Вітровий режим у районі дослідження характеризується переважанням західних і північно-західних вітрів зі середньою швидкістю 3–5 м/с. Сильні пориви вітру, які іноді досягають 10–15 м/с, можуть спричинити ерозію берегів озер, особливо в озера Куряче, яке розташоване в більш відкритій місцевості. Вітри також сприяють перемішуванню водних мас, що впливає на розподіл кисню та поживних речовин у водоймах, але водночас може переносити забруднюючі речовини з промислових зон міста [8].

Кліматичні умови Дніпра мають як позитивний, так і негативний вплив на екологічний стан озер. Помірний температурний режим і достатній рівень опадів сприяють підтриманню водного балансу. Водночас літні зливи та підвищені температури сприяють надходженню забруднюючих речовин і активному розвитку водоростей. Крім того, спостережувані останніми десятиліттями кліматичні зміни — зростання

середньорічних температур і зміни у розподілі опадів — здатні посилювати ці негативні явища, що ускладнює збереження природного стану озер Куряче та Глибоке. Отже, клімат слід розглядати як ключовий чинник під час оцінки екологічного стану водойм та розроблення заходів з їх охорони.

### 2.3 Геологічна будова і рельєф

Місто Дніпро, у межах якого розташовані озера Куряче та Глибоке, розміщене в межах Дніпровської низовини, що є частиною Придніпровської низовини на сході України. Геологічна будова та рельєф регіону відіграють важливу роль у формуванні гідрологічних і екологічних умов озер, впливаючи на їх водний баланс, характер берегової лінії та особливості накопичення забруднювальних речовин.

Геологічна будова району дослідження характеризується переважанням осадових порід кайнозойської та мезозойської ер. Основу геологічного профілю складають лесові породи, які представлені суглинками та супісками, що сформувалися в четвертинний період. Ці породи мають високу пористість і водопроникність, що сприяє інфільтрації поверхневих вод і впливає на підземне живлення озер Куряче та Глибоке. У нижніх шарах залягають алювіальні відклади, пов'язані з діяльністю річки Дніпро, яка історично формувала рельєф регіону. У районі озера Глибоке, розташованого на правобережній частині міста, також наявні піщано-глинисті відклади, що утворилися внаслідок ерозійних процесів. Озеро Куряче, яке має штучне походження і сформувалося внаслідок затоплення кар'єру, оточене переважно лесовими породами з домішками гравію та піску, що залишилися від видобувних робіт [9].

Рельєф території міста Дніпро є відносно рівнинним, з незначними перепадами висот, що характерно для низовинного ландшафту. Абсолютні висоти в районі дослідження коливаються від 50 до 150 метрів над рівнем моря. Правобережна частина міста, де розташоване озеро Глибоке, має більш розчленований рельєф із невеликими пагорбами та ярами, що сформувалися під впливом ерозії. Лівобережна частина, де знаходиться озеро Куряче, є більш плоскою, з мінімальними перепадами висот, що сприяє накопиченню поверхневих стоків і забруднень у низинних ділянках, включаючи територію озера.

Геологічна будова та рельєф впливають на гідрологічні особливості озер. Висока водопроникність лесових порід сприяє обміну між поверхневими та підземними водами, що може як поповнювати водний баланс озер, так і сприяти надходженню забруднювальних речовин, зокрема нітратів і важких металів, із прилеглих промислових і житлових зон. Рівнинний рельєф лівобережжя ускладнює природний дренаж озера Куряче, що призводить до застою води та накопичення органічних і неорганічних сполук.

Таким чином, геологічна будова та рельєф району дослідження визначають специфіку гідрологічного режиму озер Куряче та Глибоке, впливаючи на їх екологічний стан. Лесові та алювіальні породи, а також рівнинний рельєф із локальними перепадами висот створюють умови для накопичення забруднень, що потребує особливого врахування при аналізі антропогенного впливу та розробці заходів для відновлення цих водойм [10].

## 2.4 Гідрогеологічні умови

Згідно з геоструктурними умовами та гідрогеологічною специфікою окремих територій у межах Дніпропетровської області виділяються три гідрогеологічні райони першого порядку: Дніпровський артезіанський басейн, Український басейн тріщинно-жильних вод і Причорноморський артезіанський басейн.

Згідно з гідрогеологічною характеристикою, місто Дніпро розміщується в межах Дніпровського артезіанського басейну та частково входить до зони Українського басейну тріщинно-жильних підземних вод.

Головним джерелом живлення підземних вод є атмосферні опади. У прибережних районах під час паводків підземні води також можуть поповнюватися за рахунок поверхневого стоку.

На території міста Дніпра розташовані водоносні горизонти, що формуються в межах неогенових пластових вод, представлених переважно різнозернистими пісками та подекуди вапняками. Також до них належать водоносні шари еоцен-олігоценівих і неогенових відкладів, які складаються з пісків, місцями — з піщаників і вапняків. Крім того, водоносні зони формуються в тріщинуватих докембрійських кристалічних породах і продуктах їхнього вивітрювання — гранітах, гнейсах, сланцях, пісковиках та дресві [11].

Неогенові водоносні горизонти переважно представлені пісками, які мають непостійну потужність і часто перешаровуються глинами. Водотривких шарів, які б розділяли окремі свити та яруси неогену, не спостерігається. Потужність насичених водою відкладів змінюється в межах від кількох до 20 метрів. Води, як правило, безнапірні, рівень

залягання становить від кількох до 70 метрів. Дебіт свердловин невисокий. За хімічним складом води мають сульфатно-гідрокарбонатний, гідрокарбонатно-сульфатний та сульфатно-хлоридний типи з мінералізацією 1,5–3 г/л.

Зони тріщинуватих порід характеризуються слабкою і нерівномірною водоносністю. У них переважають хлоридно-сульфатні води магнієво-кальцієво-натрієвого складу, а також сульфатні магнієво-кальцієві води з мінералізацією 1–3 г/л.

У межах долин річок Дніпро та Самара переважає алювіальний водоносний горизонт, який сформувався внаслідок нагромадження різнозернистих пісків, що місцями чергуються з прошарками глин та суглинків. Крім того, в складі алювію зустрічаються включення гравію, гальки та інших великоуламкових фрагментів. У долині річки Дніпро товщина цього геологічного шару зазвичай коливається в межах від 25 до 40 метрів. Завдяки значним запасам та доступності, води цього горизонту активно використовуються для забезпечення господарсько-питних потреб населення міста [12].

Алювіальний водоносний горизонт поповнюється за рахунок декількох джерел живлення. Основними серед них є інфільтрація атмосферних опадів, надходження вод під час паводків, а також вертикальне підтікання вод із більш глибоких водоносних горизонтів. У той же час розвантаження вод цього горизонту відбувається в напрямку річок Дніпро та Самара, які слугують природними дренами. За хімічним складом ці підземні води класифікуються як свіжі, переважно гідрокарбонатно-кальцієві, що свідчить про їх високу якість та придатність до використання.

Дослідження свідчать, що багаторічний вплив антропогенних факторів негативно позначається на якості підземних вод. Особливо високий рівень забруднення фіксується в межах Дніпропетровсько-Дніпродзержинської промислової агломерації, де у водах перевищено

гранично допустимі концентрації таких речовин: ртуті — у 2–31 рази, кадмію — до 2 разів, бромю — 2–36 разів, алюмінію — 5–29 разів, фтору — до 4 разів, барію — до 9 разів, свинцю, селену, молібдену, літію — у 3–10 разів, титану й фосфору — в 2–5 разів, нітратів — у 3–30 разів. Підземні води мають високу мінералізацію (2–8 г/дм<sup>3</sup>), жорсткість і підвищену окислюваність.

Головною водною артерією області є річка Дніпро. Її основні притоки — Оріль, Самара, Вовча та Інгулець — мають витoki за межами регіону. У межах області найбільшими притоками є річки Мокра Сура та Базавлук. Загалом нараховується 146 малих річок, з яких 26 (наприклад, Водяна, Ворона, Солона) сильно замулені, а 88 зарегульовані водосховищами, такими як Кам'янка, Берестова, Татарка тощо. Деякі водотоки, зокрема Гніздка, Кочерга та Грушевата, слугують колекторами для очищених стічних вод, а річки Суха Сура і Широка використовуються для створення ставків-накопичувачів. Решта річок зберігають сталу течію та виконують функцію джерел водопостачання. Озера в області малочисельні, мають обмежену площу та розташовані переважно в долинах Дніпра, Самари й Орелі.

Річка Дніпро є головним джерелом водних ресурсів для міста. Вона бере початок на висоті 252 м над рівнем моря, має довжину 2285 км, а площа її басейну становить 503 500 км<sup>2</sup>. У межах області протяжність річки сягає 261 км, а площа басейну — 31 923 км<sup>2</sup>. Основний тип живлення — снігове (85–90%), частка підземного живлення становить 10–15%, а дощове — незначне. Для річки характерні весняні паводки, низькі літні та зимові рівні води (межень), а також періодичні осінні підйоми. Мінералізація води варіюється в межах 190–387 мг/л, а її хімічний склад переважно представлений гідрокарбонатами та іонами кальцію. Вода відноситься до м'якої, а максимальна швидкість течії навесні досягає 0,7 м/с [13].

Річка Дніпро, як головна водна екосистема області, зазнає значного антропогенного навантаження. За даними Державного управління екологічної безпеки, до основних забруднювачів належать нітрити, амонійний азот, біогенні та органічні сполуки, нафтопродукти, феноли і важкі метали. У межах Дніпра концентрації заліза досягають 1,5–3,5 ГДК, інших металів — Zn, Mn, Co, Cd — 1,5–8 ГДК, нафтопродукти — у 1,5–4 рази перевищують ГДК. Однак подекуди перевищення фіксується лише поблизу місць скиду стічних вод. Найбільшими забруднювачами є ВАТ «ДніпроАзот» (9,1 млн м<sup>3</sup>), ВАТ «ДМЗ ім. Петровського» (87,8 млн м<sup>3</sup>), ПУВКХ м. Дніпро (196,9 млн м<sup>3</sup> стічних вод щороку).

Аналіз гідроекологічної ситуації засвідчує суттєве порушення природного балансу водних екосистем, зменшення їхньої здатності до самоочищення, що негативно позначається як на якості питної води, так і на здоров'ї населення та стані водної біоти.

## 2.5 Ґрунти

Понад 80 % території Дніпропетровської області вкрито різними типами чорноземів. Із просуванням з півночі до півдня області чорноземи звичайні малогумусні потужні змінюються на середньопотужні, а далі — на малопотужні, поступаючись місцем південним чорноземам. У тому ж напрямку простежується зменшення кількості атмосферних опадів.

Найбільш поширеною генетичною групою ґрунтів у межах області є звичайні чорноземи, які займають значні площі на вирівняних вододільних плато та прилеглих схилах у північній, центральній та частково південній частинах регіону. Вони сформувалися на лесових та лесовидних суглинках під різнотравно-типчакowo-ковиловою рослинністю в умовах непромивного

(у центрі й на півдні) або періодично промивного (на півночі та зрошуваних ділянках) водного режиму. Такий гідрологічний режим сприяв утворенню водотривкої структури ґрунту, що є вагомою агрономічною перевагою. Завдяки високій природній родючості чорноземи широко використовуються в сільському господарстві та активно розорюються.

Місто Дніпро розташоване в зоні поширення звичайних малогумусних чорноземів середньої потужності, сформованих на лесових суглинках. Ці ґрунти мають важкосуглинистий або легкоглинистий гранулометричний склад і характеризуються непромивним типом водного режиму. Природний ґрунтовий покрив у межах міста зберігся лише на незначних територіях, які не зазнали антропогенного впливу — таких як ліси, парки, ярівські схили, заплави річки Дніпро та тальвеги [14].

На відміну від природних ґрунтів, техногенні утворення зазнають значного антропогенного впливу, насамперед через промислове та транспортне забруднення. У таких ґрунтах поживні речовини переходять із легкодоступної форми у важкодоступну для рослин, зменшується рівень лужного насичення, порушуються процеси трансформації органічної речовини, змінюється кислотність ґрунтового розчину та знижується буферна здатність. Крім того, ґрунти швидше висихають, втрачають структурну цілісність, у них зменшується вміст кальцію, зростає рівень поглиненого магнію, а кальцій та азот у формі нітратів — вимиваються.

Тривалий вплив забруднювачів органічного та неорганічного походження призводить до деградації агрохімічних характеристик ґрунтів і втрати їхньої родючості. У підсумку утворюються так звані «індустріальні порожнечі» — ділянки з порушеною ґрунтовою структурою, перемішаними й зміщеними горизонтами та відсутньою рослинністю внаслідок інтенсивного техногенного втручання.

## 2.6 Тваринний світ

Дніпропетровська область розташована в межах центральної смуги правобережного та лівобережного злаково-лучного степу. Останнім часом фауна цього регіону зазнала суттєвих трансформацій. На відкритих просторах степу традиційні степові види були витіснені польовими, які краще адаптувалися до умов агроценозів. У долинах річок, де зберігся лісостеповий ландшафт, переважають представники лісової фауни. Внаслідок гідротехнічної регуляції річки Дніпро водна фауна в основному представлена лімнофільними видами.

Найчисельнішою групою серед тварин за видовим складом є безхребетні — їхня кількість перевищує 10 000 видів. За попередніми оцінками, потенційна чисельність рідкісних і зникаючих безхребетних може сягати 1250 видів.

Фауна хребетних налічує 384 види. Сучасна структура хребетних сформувалась переважно за участі лісових і гігрофільних видів: 47 % із них пов'язані з лісовими угрупованнями, 37 % — із водними екосистемами, 17 % — зі степовими й польовими, і лише 6 % — із територіями населених пунктів. З огляду на значне скорочення площі природних екосистем, яка нині охоплює лише 0,3 % території області, відзначається стрімке погіршення стану популяцій хребетних тварин.

На сьогодні у складі регіональної фауни зниклими вважаються 6 видів риб, 2 види плазунів, 7 видів птахів і 5 видів ссавців. До категорії рідкісних і зникаючих віднесено 122 види хребетних. Загалом, біорізноманіття степового біома області зменшилося на 44 % порівняно з первинним

фаунаценозом, у той час як в межах усього Придніпровського регіону скорочення фауни сягає до 5 % [5].

## 2.7 Рослинність

Досліджувана територія розташована в підзоні різнотравно-типчаково-ковилового степу. Для неї типовими серед різнотрав'я є такі види, як горицвіт весняний, піон тонколистий, гвоздика головчаста, суниця зелена, земляний горіх, шавлія поникла, подорожник, васильки, крупка весняна, вероніка весняна, перляк тощо. Серед злакових домінують ковила волохата, ковила строкатолиста, типчак (вівсяниця), тонконіг вузькоповзучий, стоколос променистий, пирій. Бобові представлені гірською й альпійською конюшинами, вікон вузьколистою, а також люцернами серпоподібною та хмелеподібною. У степових фітоценозах серед чагарникових форм поширені терен, степова вишня, степовий мигдаль, зіновать, дереза та інші. Ці види зростають переважно на вододілах, схилах ярів, балок і в долинах річок.

Лісові масиви області приурочені до річкових долин, схилів ярів і балок, а також до піщаних ґрунтів. Основними типами лісів є заплавні (в долинах Дніпра, Орілі, Самари, Вовчої) та байрачні, що формуються на схилах. До лісових угруповань також належать полезахисні смуги й насадження вздовж залізничних колій. Ці ліси сформовані з дуба, ясена, клена, акації білої, липи, гледичії, лоха, береста тощо. У чагарниковому ярусі домінують чорноклен, різні види глоду, бирючина, карагач, бересклет, шипшина, барбарис, свидина, бузина. Підлісок у заплавлних лісах утворюють конвалія, кропива, копитняк, папороті, очерет лісовий, фіалки, суниці та ін. У байрачних лісах поширені барвінок, дзвоники, молочай,

тонконіг, конвалія, копитняк тощо. На узліссях у чагарникових угрупованнях трапляються мезофільні високотравні види, часто з лугового ценозу, зокрема перловник трансільванський, вейник, нічна фіалка, лапчатка, василисник та мар'яни [8].

У своїй праці А.Л. Бельгард зазначав, що у заплаві Дніпра (між старим гирлом Орелі та руслом Дніпра), де паводки мають середню тривалість, зростає частка лучних і болотних екосистем, а ліси відступають на периферію, представлені переважно вербами, осоками, лозою та зменшеними дібровами. На дюнних підвищеннях трапляються своєрідні угруповання з домінуванням чорноклена, які формуються в замкнених западинах піщаних дюн. Такі фітоценози поєднують оліго-, мезо- та мегатрофні види.

Загалом, природна рослинність на території Дніпропетровщини збереглася лише у вигляді вузьких смуг на схилах балок і в річкових долинах. Нині майже весь степовий покрив трансформовано: понад 87 % площ зайнято агроценозами, ще до 8 % — штучними лісовими насадженнями (лісосмуги, масиви). Решта — це яри й балки.

Переважання агроландшафтів призвело до значного збіднення степової флори — до 60–70 % порівняно з початковим складом. У період 1983–1995 рр. кількість зниклих видів збільшилась із 20 до 26; рідкісних — із 33 до 44; видів, що скорочують ареал — з 46 до 51; невизначених — 11–12. Найбільші втрати спостерігалися серед степових зональних фітоценозів (із 33 до 47 видів), далі — лісових (із 45 до 56), лугових (із 24 до 37), водних (із 9 до 14) та болотних (із 11 до 14).

### 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У сучасних умовах розвиток будь-якої господарської діяльності в межах великих урбанізованих територій має здійснюватися з урахуванням екологічних чинників. Важливим етапом є проведення комплексного моніторингу екологічного стану, зокрема гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних параметрів у водоймах і водотоках. Наявність цілісної системи даних дає змогу об'єктивно оцінювати стан усіх водних об'єктів міста та, спираючись на динаміку абіотичних і біотичних показників, розробляти й упроваджувати ефективні стратегії управління міськими ландшафтами, раціонального землекористування, контролю екологічних навантажень, регулювання екосистемної ємності, підтримки екологічної стійкості й стабільності території в умовах наявної соціально-економічної ситуації [10].

#### 3.1 Методика відбору проб води та підготовка їх до аналізів

Визначення властивостей води здійснюється на основі результатів лабораторних аналізів. Тому надзвичайно важливим є правильний відбір проб і їх належна підготовка до дослідження. Для цього використовують ємність об'ємом 5 літрів, у яку набирають пробу води. Ця проба має бути репрезентативною, тобто відповідати середнім характеристикам води в об'єкті дослідження, зокрема у вибраній річці.

Основні правила відбору проб води:

1. Воду необхідно відбирати безпосередньо в потоці, на глибині 0,2–0,5 м від поверхні.
2. Якщо є потреба у паралельному дослідженні кількох ділянок, відбір проб бажано здійснювати в один день. Для цього слід завчасно підготувати відповідну тару, етикетки та інші необхідні матеріали.
3. Найбільш оптимальним часом для відбору є період близько 13:00 за місцевим часом. У разі необхідності допустимо відбирати проби з 12:00 до 17:00.
4. Кожна відібрана проба має супроводжуватись етикеткою, на якій вказано назву річки, глибину відбору, температуру води на момент відбору, дату та прізвище відповідальної особи [12].

### 3.2 Визначення загальної суми водорозчинних речовин (сухий залишок)

Сухий залишок — це речовина, яка утворюється після повного випаровування води з проби та подальшого висушування залишку при температурі 105 °С протягом двох годин. Цей показник відображає загальний вміст органічних і мінеральних речовин, розчинених у воді.

Для визначення сухого залишку використовують попередньо висушену та зважену на аналітичних терезах порцелянову чашку. У неї наливають 100 см<sup>3</sup> відфільтрованої проби води, після чого рідину випаровують до утворення сухого залишку, доводячи масу до сталої. Далі чашку з осадом поміщають у сушильну шафу та витримують при температурі 105 °С протягом 2 годин. Після охолодження в ексікаторі проводиться повторне зважування. Маса сухого залишку визначається як

різниця між масою чашки з осадом та її початковою (порожньою) масою. Це значення відповідає кількості залишкових речовин у 100 см<sup>3</sup> водного розчину.

Для вираження отриманого результату в г/л користуються співвідношенням (формула 3.1):

$$C_{\text{сух.залиш.}} = (m_{\text{осад.}} - m_{\text{пор.}}) \cdot 1000 \cdot 1000 / V_{\text{пр.}}, \quad (3.1)$$

де  $m_{\text{осад.}}$  - маса чашечки з сухим залишком, г;

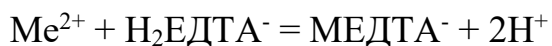
$m_{\text{пор.}}$  – маса порожньої фарфорової чашки, г;

$V_{\text{пр.}}$  – об'єм проби води, мл.

### 3.3 Визначення загальної жорсткості води

Загальна жорсткість води характеризує сумарну концентрацію у ній двовалентних катіонів лужноземельних металів, зокрема іонів кальцію (Ca<sup>2+</sup>) та магнію (Mg<sup>2+</sup>). Саме ці елементи зумовлюють властивості води, які впливають на її придатність для побутового та технічного використання. Чим вищий їх вміст, тим жорсткішою вважається вода.

Комплексонометричний метод визначення загальної жорсткості води базується на хімічній взаємодії катіонів кальцію (Ca<sup>2+</sup>) та магнію (Mg<sup>2+</sup>) із трилоном Б (ЕДТА), що є сильним хелатуючим агентом. Іони кальцію та магнію утворюють з трилоном Б стабільні комплексні сполуки, завдяки чому можливе точне титрування і подальше визначення концентрації цих іонів у розчині. Реакція має чітко виражену кінцеву точку, що фіксується індикатором.



Оскільки іони кальцію та магнію утворюють з трилоном Б (ЕДТА) не досить стійкі комплекси в нейтральному середовищі, титрування необхідно проводити за умов підвищеної лужності. З цією метою застосовують буферну суміш, яка стабілізує значення рН на рівні, оптимальному для перебігу реакції комплексоутворення. Це забезпечує надійність та точність результатів аналізу загальної жорсткості води.

Для аналізу використовуємо фільтрати витяжок, що виготовлені у відповідності з ГОСТ 26423-85.

Порядок проведення аналізу:

Проведення аналізу жорсткості води починається з того, що за допомогою піпетки у конічну колбу об'ємом 200 мл відбирають 20 мл досліджуваної води. До зразка доливають 80 мл бідистильованої води, після чого додають 7–10 крапель індикатора хрому темно-синього кольору та 5 мл аміачного буферного розчину, який забезпечує необхідне лужне середовище. Титрування виконують 0,025-нормальним розчином трилона Б до моменту зміни кольору розчину на блакитний. Завершальну стадію титрування проводять повільно, щоб забезпечити максимально точне визначення моменту завершення реакції [13].

Розрахунок робимо за формулою 3.2:

$$Ж_{заг} = \frac{V * N * 50}{V_1}, \quad (3.2)$$

де  $V$  – об'єм трилону Б, який пішов на титрування, мл;

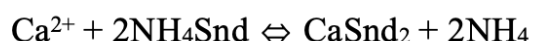
$N$  – нормальність трилону Б;

1000 – множник перерахування на 1 л;

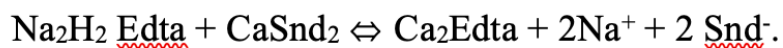
$V_1$  – об'єм проби, мл.

### 3.4 Визначення вмісту кальцію у воді комплексометричним методом

Суть методу полягає в тому, що в умовах лужного середовища іони кальцію ( $\text{Ca}^{2+}$ ) вступають у реакцію з індикатором мурексидом, утворюючи з ним комплексну сполуку. Під час титрування ця сполука руйнується, оскільки трилон Б має здатність утворювати більш стабільний комплекс із кальцієм. Мурексид, що є амонієвою сіллю пурпурової кислоти, в умовах  $\text{pH} \geq 12$  утворює з іонами  $\text{Ca}^{2+}$  рожеве забарвлення, що є ознакою наявності кальцію в розчині.



У розчині аніон пурпурової кислоти ( $\text{Snd}^-$ ) має характерне лілове забарвлення. Під час титрування розчином трилону Б комплексна сполука  $\text{CaSnd}_2$  розщеплюється, оскільки кальцій зв'язується з трилоном Б, утворюючи нову, безбарвну комплексну сполуку  $\text{CaH}_2\text{Edta}$ . Коли настає точка еквівалентності, в розчині з'являється вільний індикатор, що проявляється знову у вигляді лілового забарвлення. Це сигналізує про завершення реакції.



Визначенню іонів кальцію ( $\text{Ca}^{2+}$ ) за цим методом можуть заважати присутні у воді іони  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  (при їх високій концентрації),  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  та інші. Вплив іонів лужних металів та магнію ( $\text{Mg}^{2+}$ ) можна зменшити шляхом розведення зразка. Іони  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{Cu}^{2+}$  видаляють у вигляді сульфідів за допомогою 2–3 крапель 2% розчину сульфиду натрію

( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Іони  $\text{Mn}^{2+}$  нейтралізують додаванням гідроксиламіну гідрохлориду, а  $\text{Al}^{3+}$  — введенням 0,2 г виннокислового натрію. Під час титрування вміст іонів  $\text{Ca}^{2+}$  у пробі не повинен перевищувати 2,5 моль/л. Якщо концентрація вища, проводять попереднє розведення зразка [14].

Реактиви:

1) Трилон Б (0,05 н);

2)  $\text{NaOH}$  (10%);

3) Мурексид у водному розчині є нестабільним, тому для аналізу використовують суху форму індикатора, що готується шляхом змішування 1 частини мурексиду з 99 частинами хлориду натрію ( $\text{NaCl}$ ). Готову суміш зберігають у темній скляній посудині з притертою кришкою.

У конічну колбу місткістю 250 мл за допомогою піпетки набирають 50 мл досліджуваної води. До зразка додають 2 мл 10% розчину натрій гідроксиду ( $\text{NaOH}$ ), після чого вводять невелику кількість індикаторної суміші, що складається з мурексиду та хлориду натрію ( $\text{NaCl}$ ), за допомогою кінчика скляної палички. Після повного розчинення індикатора розчин набуває рожевого відтінку. Далі одразу проводять титрування 0,05 н розчином трилона Б, ретельно перемішуючи, поки не з'явиться лілове забарвлення. Щоб підвищити точність визначення, паралельно рекомендується використовувати контрольний зразок — попередньо перетитровану пробу («свідка»).

Вміст  $\text{Ca}^{2+}$  обчислюють по формулі 3.3 мг/л:

$$X_{Ca^{2+}} = \frac{V_1 * N * E * 1000}{V_2}, \quad (3.3):$$

де  $V_1$  – об'єм робочого розчину трилона Б, який пішов на титрування, мл;

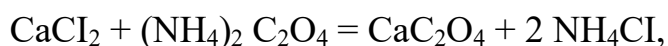
$N$  – нормальність робочого розчину трилона Б;

$E$  – еквівалент кальцію (20,04);

$V_2$  – об'єм води для визначення, мл.

### 3.5 Визначення вмісту магнію у воді

Суть методу полягає у випаданні іонів кальцію з розчину у формі осаду оксалату кальцію ( $CaC_2O_4$ ):



а у фільтраті визначають магнієву жорсткість.

Хід визначення.

Для аналізу беруть 100 мл досліджуваної води, які піпеткою переносять у конічну колбу об'ємом 250 мл. До зразка додають 1 мл буферного розчину та 10–15 мл 5% розчину амоній оксалату. У результаті цього утворюється осад кальцій оксалату ( $CaC_2O_4$ ), який відфільтровують через щільний беззольний фільтр. Отриманий осад двічі промивають невеликою кількістю холодної бідистильованої води, а промивні води з'єднують із фільтратом. Далі переходять до визначення загальної твердості: до отриманого розчину додають 5 мл аміачно-буферного розчину

і 6–7 крапель індикатора еріхром чорного Т, після чого проводять титрування 0,025 н розчином трилона Б.

Магнієву жорсткість  $X_{Mg}$  обчислюють по формулі 3.4 мг/л:

$$X_{Mg} = \frac{V_1 * N * E * 1000}{V}, \quad (3.4)$$

де  $V_1$  - об'єм розчину трилона Б, витрачений на титрування, мл;

$N$  - нормальність розчину трилона Б;

$E$  - еквівалент кальцію (12,16);

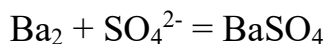
$V$  - об'єм досліджуваної води, мл.

Щоб приготувати спеціальний буферний розчин, необхідно до 67,5 г хлориду амонію додати 570 мл 25% аміаку, після чого об'єм доводять до 1 літра, використовуючи дистильовану воду.

### 3.6 Визначення іонів сульфату

Підвищена концентрація сульфатів у воді є небажаною, оскільки вона не тільки погіршує органолептичні властивості води, але й підвищує її агресивність, що може негативно вплинути на технічне обладнання та здоров'я споживачів. Для визначення вмісту сульфат-іонів застосовують комплексометричний метод, у якому використовують трилон Б як реагент, що утворює комплексні сполуки з іонами барію ( $Ba^{2+}$ ). Принцип методу ґрунтується на додаванні іонів барію до водного зразка, зазвичай у формі розчину  $BaCl_2$ . У результаті взаємодії барій-катионів із сульфат-

аніонами відбувається утворення малорозчинного осаду сульфату барію, що дозволяє кількісно визначити присутність іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  у пробі:



Вміст сульфатів визначають за різницею об'єму трилона Б, витраченого на титрування іонів  $\text{Ba}^{2+}$  до та після осадження сульфат-іонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Оскільки у воді також можуть бути присутні іони кальцію ( $\text{Ca}^{2+}$ ) та магнію ( $\text{Mg}^{2+}$ ), необхідно внести відповідні коригування на їхній вплив при розрахунках.

Порядок виконання аналізу:

У дослідницьких цілях у конічну колбу об'ємом 250 мл піпеткою відбирають 200 мл проби води. До відібраного зразка додають 1–2 краплі метилового червоного як індикатора, після чого здійснюють підкислення розчину 0,1 н соляною кислотою. Суміш доводять до кипіння та утримують у такому стані впродовж 3–5 хвилин для повного видалення вуглекислоти. До киплячого розчину вводять точно 1 мл хлориду барію, який містить іони магнію — даний розчин готують шляхом розчинення 10 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  та 4 г  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  у 1 літрі води. Після введення реагенту розчин повторно кип'ятять упродовж 10–15 хвилин. Наявність іонів магнію ( $\text{Mg}^{2+}$ ) сприяє більш чіткому візуальному спостереженню моменту завершення титрування трилоном Б [15].

У процесі взаємодії частина іонів барію ( $\text{Ba}^{2+}$ ) реагує з сульфат-іонами ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), утворюючи малорозчинний осад сульфату барію. Невикористана кількість іонів  $\text{Ba}^{2+}$  залишається у розчині. Після завершення етапу осадження, через 10–15 хвилин, проводять нейтралізацію розчину. Для цього до нього поступово додають 0,1 н розчин гідроксиду натрію ( $\text{NaOH}$ ), спостерігаючи за зміною кольору індикатора: коли червоне забарвлення змінюється на жовте, нейтралізація вважається завершеною. Далі до нейтралізованого розчину додають 5 мл аміачно-буферного розчину та кілька крапель індикатора ерихром червоного Т (ЕХЧ-Т), після чого

виконують титрування 0,025 н розчином трилона Б для кількісного визначення залишкових іонів барію.

У межах окремого експерименту встановлюють об'єм розчину трилона Б, який необхідний для повного титрування 1 мл розчину хлориду барію, що містить іони магнію ( $Mg^{2+}$ ). Паралельно в іншій пробі, що містить 200 мл досліджуваної води, проводять титрування для визначення сумарної кількості іонів кальцію ( $Ca^{2+}$ ) і магнію ( $Mg^{2+}$ ), визначаючи відповідний об'єм трилона Б, необхідний для завершення реакції [16].

Вміст іонів  $SO_4^{2-}$  обчислюють по формулі 3.4:

$$C = (m_{\text{зал.}} - m_{\text{пуст.}}) \times 0,4115 \times 1000 \times 1000 / V_{\text{пр.}} \quad (3.4)$$

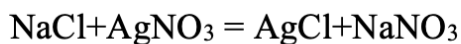
де  $m_{\text{зал.}}$  – маса тигля із залишком, г;

$m_{\text{пуст.}}$  – маса пустого тигля, г;

$V_{\text{пр.}}$  – об'єм досліджуваної проби, мл.

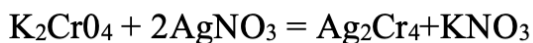
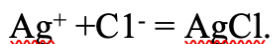
### 3.7 Визначення іона хлориду

Визначення вмісту хлорид-іонів ( $Cl^-$ ) у воді. Оскільки хлориди добре розчиняються у воді, іони  $Cl^-$  практично завжди присутні в природних водах. При високих концентраціях вони надають воді характерного гірко-солоного смаку. Для визначення їхнього вмісту застосовують аргентометричний метод, який полягає в титруванні розчином нітрату срібла ( $AgNO_3$ ) за наявності індикатора — хромату калію ( $K_2CrO_4$ ). Під час проведення аналізу в розчині одночасно можуть протікати дві хімічні реакції.



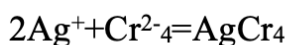
осад білого кольору

або



осад цегляно-червоного кольору

або



Оскільки в реакційній суміші можуть одночасно відбуватись дві реакції з утворенням осадів, першою проходить реакція утворення малорозчинного білого осаду хлориду срібла ( $\text{AgCl}$ ). Лише після повного осадження іонів  $\text{Cl}^-$  починає формуватись більш розчинний цегляно-червоний осад хромату срібла ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ). Отже, завершення реакції осадження хлорид-іонів визначається за появою цегляно-червоного забарвлення розчину, що свідчить про початок утворення осаду хромату срібла.

Порядок виконання визначення:

У конічну колбу об'ємом 250 мл піпеткою відбирають 20 мл зразка води. До нього додають 1 мл 10% розчину хромату калію. Далі проводять титрування розчином нітрату срібла до появи характерного цегляно-червоного кольору. Після цього записують об'єм розчину  $\text{AgNO}_3$ , витрачений на титрування [17].

Кількість хлорид-іона ( $\text{C}$ ) у досліджуваній воді обчислюють по формулі 3.5:

$$C = (V - V_{\text{вл}}) \times K \times n \times 35,45 \times 1000 / V_{\text{пр}} \quad (3.5)$$

де  $V$  - об'єм розчину нітрату срібла, який пішов на титрування, мл;

$K$  – коефіцієнт, який дорівнює 1;

35,45 - міліграм-еквівалент хлору;

$n$  – нормальність нітрату срібла;

$V_{\text{пр}}$  - об'єм досліджуваної води, узятий для титрування, мл. [10]

### 3.8 Визначення гідрокарбонат - та карбонат-іонів (загальна лужність)

Аніони  $\text{HCO}_3^-$ , і  $\text{CO}_3^{2-}$ , в значній мірі обумовлюють лужність води.

Необхідні реактиви:

0,05 н розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Його готують із фіксаналу або беруть 1,4 мл концентрованої сірчаної кислоти і доводять до 1 л бідистильованою водою;

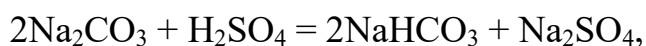
1 % розчин фенолфталеїну готують на 96% спирті;

0,1% водний розчин метилоранжу.

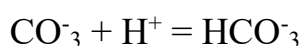
#### 1. Визначення $\text{CO}_3^{2-}$

До 20 мл води в конічній колбі додають 2 краплі фенолфталеїну.

Пробу титрують 0,05 її розчином сірчаної кислоти, в результаті чого відбувається реакція:



тобто



Перехід карбонатів у бікарбонати відповідає моменту зникнення малинового забарвлення індикатору. Утворені  $\text{HCO}_3^-$ -іонів підкислюють розчин, в результаті чого рН знижується, тобто він стає менше 8,2 і фенолфталеїн стає безбарвним. Таким чином, іони  $\text{CO}_3^{2-}$  відтитровуються по цьому індикатору лише навіпіл. Тому загальна кількість карбонат-іонів дорівнює подвоєній кількості кислоти, яка була витрачена на титрування [18].

Якщо фенолфталеїн не забарвлює дослідну пробу у фіолетовий колір, отже, в ній відсутній іон  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Розрахунок проводять за формулою 3.7:

$$mg - еке\text{CO}_3^{2-} = \frac{V * N * 2 * 1000}{V_1}, \quad (3.7)$$

де  $V$  - кількість  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (мл), яка витрачена на титрування;

$N$  - нормальність сірчаної кислоти;

2 - постійний множник;

1000 - множник переліку на 1 л води;

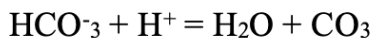
$V_1$  - об'єм проби, яку аналізують (мл).

## 2. Визначення $\text{HCO}_3^-$

У ту саму пробу додають краплю метилоранжу та проводять титрування сірчаною кислотою до моменту, коли забарвлення індикатора зміниться із жовтого на помаранчевий. У цей момент відбувається така реакція:



тобто



розрахунок проводять за формулою 3.8:

$$\text{мг-еквHCO}_3^- = \frac{(V_2 - V) * N * 1000}{V_1}, \quad (3.8)$$

де крім вищезгаданих позначень,

$V_2$  - об'єм сірчаної кислоти (мл), витрачений на титрування  $\text{HCO}_3^-$ -іона.

### 3.9 Визначення вмісту іонів $\text{Na}^+$ та $\text{K}^+$

Іонів  $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$  визначались як різниця між сухим залишком та сумою основних іонів.

Щоб визначити загальний вміст солей і зіставити його зі значенням сухого залишку, всі катіони й аніони перераховують у концентрації в міліграмах на літр. При цьому гідрокарбонат-іони ( $\text{HCO}_3^-$ ) враховуються лише наполовину, оскільки приблизно 50% їхньої маси втрачається в процесі випаровування води [19].

### 3.10 Визначення вмісту нітратів у воді

Колориметричне визначення нітратів ґрунтується на їхній реакції з натрій саліцилатом у присутності сірчаної кислоти, в результаті чого утворюється сіль нітросаліцилової кислоти, що має жовте забарвлення. Метод має високу чутливість — до 0,1 мг/л нітратного азоту.

Засоби вимірювання:

1. Фотоелектроколориметр
2. Водяна баня.
3. Посуд скляний мірний: колби на 50 та 100 мл, піпетки, пробірки. Чашки фарфорові. Палички скляні.
4. Кислота сірчана, калій натрій виннокислий, саліцилат натрію, хлороформ.

Алгоритм вимірювання

Підготування розчинів.

Щоб приготувати основний стандартний розчин нітрату калію, необхідно зважити 0,7218 г чистого калій нітрату ( $\text{KNO}_3$ , реактивної чистоти), розчинити його у бідистильованій воді, додати 1 мл хлороформу й довести об'єм отриманого розчину до 1 літра.

Щоб приготувати робочий стандартний розчин нітрату калію, необхідно відміряти 10 мл основного стандартного розчину й розвести його у мірній колбі бідистильованою водою до загального об'єму 100 мл. Важливо використовувати цей розчин одразу після приготування.

Приготування розчину калій-натрію виннокислого:

Для приготування розчину виннокислого калій-натрію: 30 г речовини розчиняють у 70 мл бідистильованої води.

Приготування 0,5% розчину саліцилату натрію: 0,5 г саліцилату натрію розчиняють у 100 мл бідистильованої води. Використовують лише свіжоприготовлений розчин.

Щоб приготувати 10-молярний розчин гідроксиду натрію (NaOH), необхідно розчинити 400 г їдкого натрію у невеликій кількості бідистильованої води. Після повного розчинення та охолодження розчину об'єм доводять до 1 літра, додаючи бідистильовану воду [20].

## 2. Вимірювання.

### **Порядок визначення вмісту нітратів:**

У фарфорову чашку поміщають 10 мл досліджуваної води, додають 1 мл розчину саліцилату натрію і випаровують на водяній бані до повного висихання. Після охолодження сухий залишок змочують 1 мл концентрованої сірчаної кислоти, ретельно перемішують скляною паличкою та залишають на 10 хвилин. Потім додають 5–10 мл бідистильованої води та кількісно переносять вміст у мірну колбу на 50 мл. До розчину додають 7 мл 10-молярного розчину гідроксиду натрію (NaOH), доливають до позначки бідистильованою водою та добре перемішують. Через 10 хвилин після додавання NaOH колір розчину залишається незмінним. Далі проводять вимірювання оптичної густини при довжині хвилі 480 нм у кюветах з товщиною шару 10–50 мм.

Обробка результатів вимірювання:

Побудування калібровочного графіку.

У процесі підготовки до фотометричного аналізу в колориметричні пробірки об'ємом 10 мл відбирають послідовно такі об'єми робочого стандартного розчину нітрату калію: 0; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; та 10 мл. До кожної пробірки додають бідистильовану воду до мітки. Далі ці розчини переносять у фарфорові чашки, додають по 1 мл розчину саліцилату натрію та випаровують на водяній бані до повного висихання. Після висихання

кожен залишок обробляють відповідно до методики, як це роблять із досліджуваним зразком [21].

Після завершення обробки вимірюють оптичну густину кожного зразка на довжині хвилі  $\lambda = 480$  нм. Для побудови калібрувального графіка значення оптичної густини кожної проби коригують, віднімаючи оптичну густину нульового зразка. Таким чином отримують залежність оптичної густини від концентрації нітрату калію.

Вимірявши оптичну густину досліджуваної води, за графіком знаходять вміст нітратів.

### 3.11 Визначення масової концентрації нітритів у воді

Метод заснований на здатності нітритів діазотувати сульфонілову кислоту та утворювати червоно-фіолетовий барвник діазосполуки з 1-нафтіламіном.



Азосполука реагує з  $\alpha$ -нафтіламіном та утворює червоно-фіолетовий барвник діазосполуки:



$\alpha$ -нафтіламін

Вимірювання оптичної густини розчину проводять при  $\lambda = 520$  нм

Алгоритм вимірювання

Підготовка розчинів до аналізу.

1,497 г  $\text{NaNO}_2$  розчиняють у бідиистильованій воді в мірній колбі на 1 л і доводять об'єм до мітки. Розчин консервують і зберігають в склянці темного скла на протязі декількох місяців, якщо немає осаду чи каламутності.

Приготування робочого стандартного розчину.

1 мл осноовного стандартного розчину розводять бідиистильованою водою в мірній колбі на 1 л. Застосовують свіжим.

Приготування реактиву Грісса.

10 г сухого реактиву розчиняють у 100 мл розчину оцтової кислоти  $W=12\%$ .

Вимірювання.

До об'єму 50 мл досліджуваної води додають 2 мл розчину реактиву Грісса. Отриману суміш ретельно перемішують, після чого нагрівають на піщаній бані, підтримуючи температуру в межах 50–60 °С. Через 10 хвилин після початку нагрівання проводять вимірювання оптичної густини зразка на довжині хвилі  $\lambda = 520$  нм. Для забезпечення достовірності вимірювань у якості порівняльного (контрольного) зразка використовують бідиистильовану воду, оброблену тим самим реактивом Грісса.

Отримане значення оптичної густини зіставляють із даними калібрувального графіка, що дозволяє визначити масову концентрацію нітритів у дослідженій воді.

Для побудови калібрувального графіка в кілька мірних колб об'ємом по 50 мл відмірюють певні об'єми стандартного розчину нітритів — це 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 та 15 мл. Кожен зразок доводять до позначки мітки бідиистильованою водою, після чого вимірюють оптичну густину кожного з отриманих розчинів. Отримані значення оптичної густини використовуються для побудови графіка залежності поглинання світла від концентрації, що дозволяє в подальшому визначати вміст нітритів у невідомих пробах за методом фотометрії.

### Обробка результатів вимірювання

Будують калібровочний графік в координатах "оптична густина – концентрація (мг/л)". Вимірявши оптичну густина досліджуваної води за графіком знаходять концентрацію  $\text{NO}_2$  перераховують за формулою 3.9:

$$X = \frac{C * 50}{V}, \quad (3.9)$$

де  $C$  – концентрація знайдена за графіком, мг/л;  
 $V$  - об'єм досліджуваної проби. [14]

### 3.12 Визначення концентрації іонів водню (рН)

Концентрація водневих іонів (рН) у водному розчині відображає кількість іонів гідрогену ( $\text{H}^+$ ), що присутні в одному літрі розчину, і зазвичай подається в одиницях грам-іонів на літр. Для зручності цей показник виражають у вигляді десяткового логарифму, взятого зі знаком мінус від концентрації  $\text{H}^+$ . Відповідне математичне визначення має вигляд:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Це дозволяє легко охарактеризувати кислотно-лужний стан водного середовища: чим нижче значення рН, тим вища кислотність розчину, і навпаки.

Значення рН є ключовим показником, що характеризує кислотність або лужність води. Воно значною мірою залежить від присутності вільної вуглекислоти: чим її більше, тим кислішим є середовище води за однакових умов. Концентрація іонів водню не є сталою і може змінюватися як протягом року, так і впродовж доби.

У практиці прийнято класифікувати воду за рівнем рН наступним чином:

рН 1–3 — дуже кисла вода,

рН 3–5 — кисла,

рН 5–6 — слабо кисла,

рН 6–7 — дуже слабо кисла,

рН = 7 — нейтральна,

рН 7–8 — дуже слабо лужна,

рН 8–9 — слабо лужна,

рН 10–14 — дуже лужна.

Потенціометричне вимірювання рН базується на визначенні різниці електричних потенціалів, яка утворюється між двома сторонами скляної мембрани рН-електрода. Зовнішня сторона цієї мембрани безпосередньо контактує з досліджуваним розчином, у якому вимірюється кислотність. У той час як внутрішня сторона мембрани залишається в контакті зі стандартним розчином відомої концентрації кислоти. Різниця потенціалів, що виникає між цими двома середовищами, безпосередньо залежить від активності іонів гідрогену ( $H^+$ ) у досліджуваному зразку, а отже, і від його рН. Це значення потенціалу фіксується за допомогою відповідної електронної апаратури, що дозволяє точно визначити кислотно-лужний стан середовища.

Оскільки розчин, який знаходиться всередині електрода і виконує роль стандартного, має стабільну концентрацію іонів гідрогену ( $H^+$ ), то електричний потенціал на внутрішній поверхні скляної мембрани

залишається незмінним. Завдяки цьому при потенціометричному вимірюванні фіксується лише зміна потенціалу, яка виникає в результаті взаємодії зовнішньої поверхні мембрани з досліджуваним розчином. Отже, отримане значення потенціалу залежить виключно від концентрації водневих іонів у пробі, що й дозволяє точно визначити рН цього середовища.

Вимірювання проводиться відносно потенціалу допоміжного електрода — так званого електрода порівняння, потенціал якого є стабільним і не залежить від концентрації іонів водню в розчині.

### 3.13 Перевірка правильності результатів

Під час аналізу водної витяжки важливо перевірити її достовірність шляхом зіставлення загальної масової суми аніонів і катіонів з величиною сухого залишку. При цьому варто враховувати особливість підрахунку: у загальну масу гідрокарбонат-іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ) береться лише половина їх визначеної кількості. Це пов'язано з тим, що при випаровуванні води відбувається втрата частини вуглекислоти, і реальна маса сухого залишку зменшується. Якщо ж отримане значення сухого залишку відрізняється від обчисленої загальної маси розчинених речовин більш ніж на 5 %, результати вважаються недостовірними. У такому випадку аналіз слід повторити для отримання точних даних [23].

Ще одним способом перевірки правильності проведеного аналізу водної витяжки є порівняння сумарного вмісту катіонів та аніонів. Якщо аналіз виконано коректно, то загальна кількість катіонів у міліграм-еквівалентах (мг-екв) повинна дорівнювати сумарній кількості аніонів. Така рівновага свідчить про електронейтральність розчину і вказує на точність

аналітичного визначення складу води. У разі суттєвого розходження між цими величинами доцільно переглянути методику або повторити аналіз.

Сума іонів розраховується за формулою 3.10:

$$\Sigma_i = (Cl^- + SO_4^{2-} + \frac{Л}{2} + Ж + (K^+ + Na^+)), \quad (3.10)$$

де Л – лужність, мг-екв/дм<sup>3</sup>;

Cl<sup>-</sup> - концентрація хлорид-іонів, мг/дм<sup>3</sup>;

Ж – загальна жорсткість, мг-екв/дм<sup>3</sup>;

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - концентрація сульфат-іонів, мг/дм<sup>3</sup>;

(K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>) - концентрація іонів калію і натрію, мг/дм<sup>3</sup>;

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### 4.1 Об'єкти дослідження

В даній кваліфікаційній роботі були проведені доослідження стану поверхневих вод озер міста Дніпро, а саме проби були відібрані в о. Глибоке (рис. 4.1), о. Куряче (рис. 4.2).

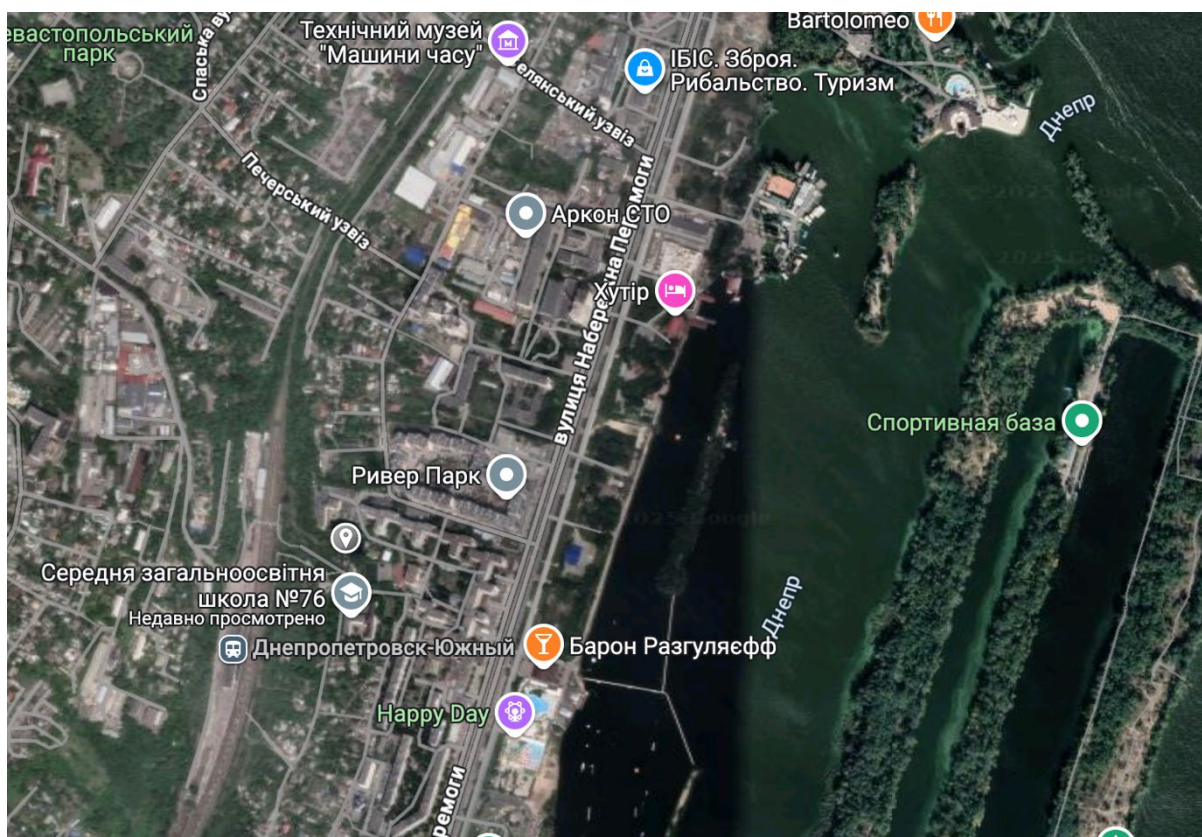


Рисунок 4.1. Місце розташування о. Глибоке

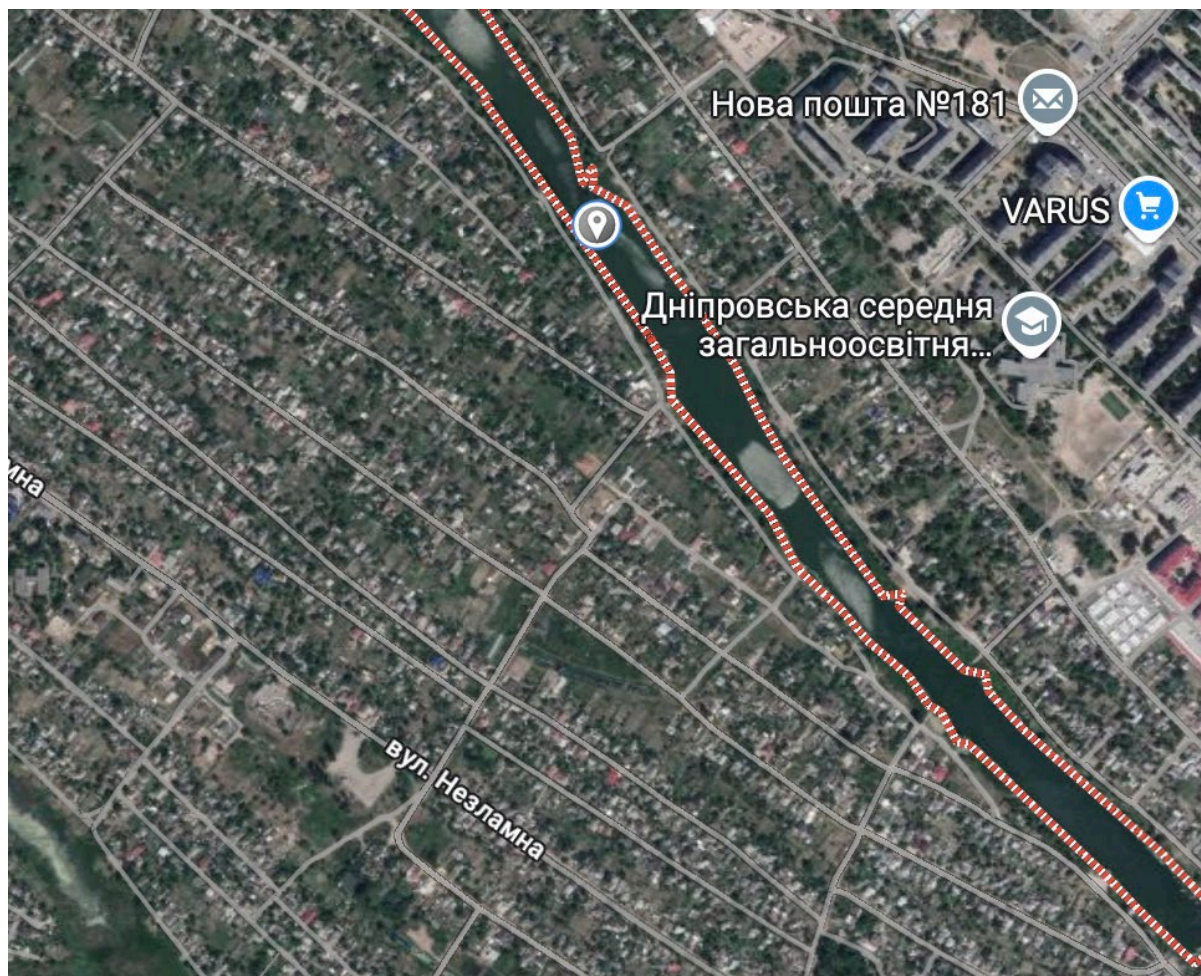


Рисунок 4.2. Місце розташування о. Куряче

#### 4.2 Результати досліджень проб вод за основними гідрохімічними показниками якості поверхневих вод

Відібрані зразки поверхневих вод озер міста Дніпро (а саме озера Глибоке та Куряче) були досліджені в лабораторних умовах за основними гідрохімічними показниками якості поверхневих вод. Результати досліджень наведені в таблиці 4.1.

Хімічний аналіз відібраних проб води було проведено в науково-дослідній лабораторії гідроекології Дніпровського державного аграрно-

економічного університету. Усі дослідження виконувалися відповідно до методичних рекомендацій, затверджених Міністерством охорони навколишнього природного середовища України та Державним підприємством «Дніпровський регіональний державний науково-технічний центр стандартизації, метрології і сертифікації» [25].

Таблиця 4.1. - Гідрохімічні показники поверхневих вод озер м. Дніпро

№п/п	Показник	ГДКк.п., мг/дм <sup>3</sup>	Куряче	Глибоке
<b>ПОКАЗНИКИ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ</b>				
1	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	350	199,23	382,86
2	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	500	170,57	998,09
3	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	82,34	152,78
4	Магній, мг/дм <sup>3</sup>	20	86,53	443,21
5	Жорсткість мг-екв/ дм <sup>3</sup>	не норм.	6,89	22,23
6	Лужність, мг-екв/ дм <sup>3</sup>	0,5-6,5	4,61	19,85
7	Гідрокарбонати, мг/ дм <sup>3</sup>	не норм	281,21	1216,95
8	Карбонати, мг/ дм <sup>3</sup>		51,85	225,70
9	Калій + натрій (розрах.), мг/ дм <sup>3</sup>		156,51	674,46
10	Сума іонів, мг/ дм <sup>3</sup>		835,79	3259,88
11	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	1000	1058,73	3868,35
12	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	7,25	6,02	25,0
<b>ТРОФО-САПРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИК</b>				
13	РН, од. рН	6,5-8,5	7,43	7,54
14	Амоній сольовий, мг/дм <sup>3</sup>	2,0	2,78	2,93
15	Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	45	0,24	0,71
16	Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	3,3	4,07	68,94
17	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	3,5	0,98	1,46
18	Розчинний кисень, мг/дм <sup>3</sup>	4<	5,86	6,82
19	БСК <sub>5</sub> , мг/О <sub>2</sub> дм	6,0	1,08	23,52
20	ХСК, мг/О <sub>2</sub> дм	15	1,88	9,38

Оцінювання вмісту біохімічно нестійких органічних сполук здійснювалося за показником біохімічного споживання кисню протягом п'яти діб (БСК<sub>5</sub>). Цей параметр вважається одним із найінформативніших щодо загального стану водної екосистеми, оскільки відображає інтенсивність продукційно-деструкційних процесів і рівень здатності водойми до самоочищення. За умов активного перемішування води та підняття донних відкладів (зокрема мулу) значення БСК<sub>5</sub> може значно зростати.

У ході гідрохімічного обстеження водних об'єктів міста Дніпра (озера Куряче та Глибоке) було встановлено, що показник БСК<sub>5</sub> становив 1,08 мг/дм<sup>3</sup> для озера Куряче та 23,52 мг/дм<sup>3</sup> для озера Глибоке. Варто зазначити, що значення БСК<sub>5</sub> у воді з озера Глибоке перевищувало гранично допустиму концентрацію (ГДК — 6 мг/дм<sup>3</sup>) у 392 рази (рис. 4.3). Такий рівень біохімічного споживання кисню свідчить про надмірну кількість органічних речовин у воді, що може бути наслідком як природного процесу самозабруднення, так і впливу антропогенних факторів.

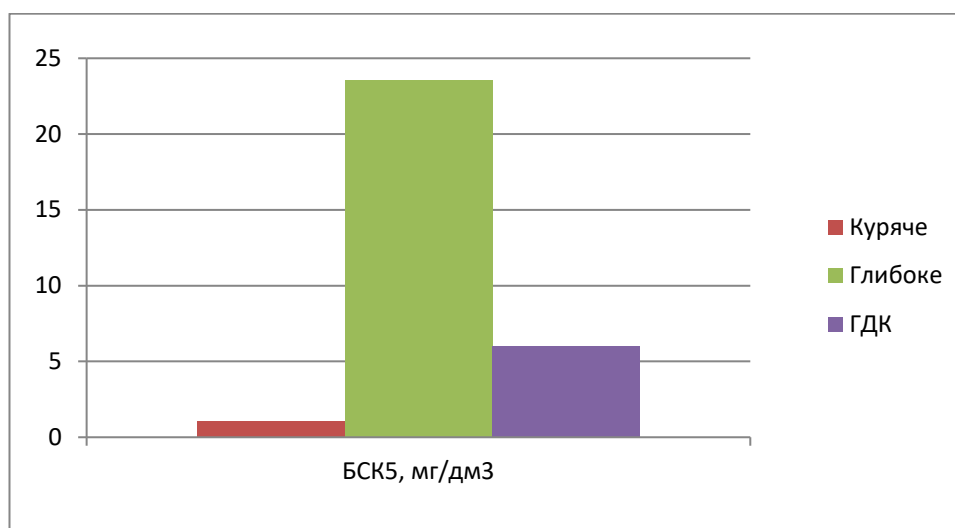


Рисунок 4.3 Вміст біологічного споживання кисню (БСК-5)

Згідно з діаграмою, на території озера Глибоке зафіксовано перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) за показником біохімічного споживання кисню протягом п'яти діб (БСК<sub>5</sub>), що може свідчити про порушення балансу між продукційними та деструкційними процесами у водоймі, а також про присутність органічного забруднення.

У процесі оцінювання гідрохімічного стану природних водойм БСК<sub>5</sub> є важливим екологічним індикатором. Підвищена концентрація органічних речовин стимулює активне розмноження аеробних бактерій, для життєдіяльності яких необхідна наявність розчиненого кисню. Це може спричинити його дефіцит, розвиток гіпоксичних умов і, як наслідок, масову загибель окремих видів водних організмів (замор).

Хімічне споживання кисню (ХСК), що є важливим гігієнічним показником якості води, становило 1,88 мг/дм<sup>3</sup> в озері Куряче та 9,38 мг/дм<sup>3</sup> в озері Глибоке (при ГДК — 30 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 4.4). У разі фіксації підвищених значень ХСК необхідно вживати заходів щодо очищення водойми, оскільки подальше забруднення може призвести до токсичних наслідків для екосистеми.

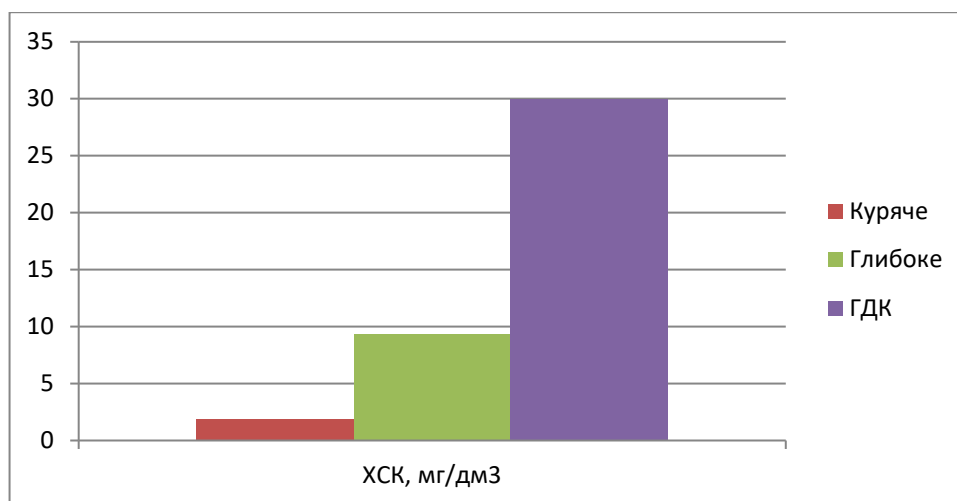


Рисунок 4.4 Показники хімічного споживання кисню

При дослідженні концентрації сухого залишку у водах озер було встановлено, що концентрація вказаного показника у водах о. Глибоке складала 3868,35 мг/дм<sup>3</sup>, що було найвищим в порівнянні з іншим озером. (рис.4.5).

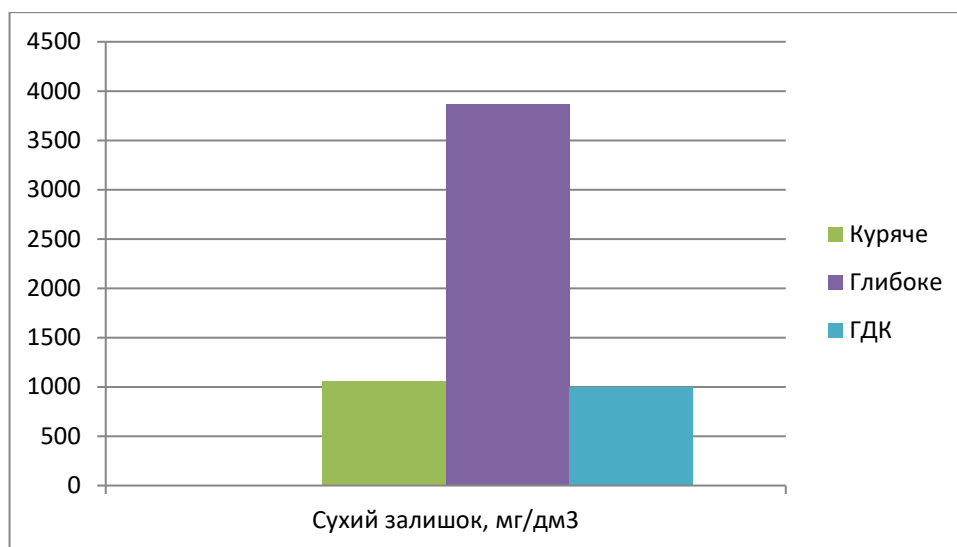


Рисунок 4.5 Вміст сухого залишку у водах озер

Аналіз концентрацій сульфат-іонів (див. рис. 4.6) та хлорид-іонів (див. рис. 4.7) у відібраних зразках води свідчить про те, що найвищі показники вмісту зазначених іонів зафіксовано у водах озера Глибоке. Зокрема, концентрація сульфат-іонів становила 998,09 мг/дм<sup>3</sup>, що майже вдвічі перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК), встановлену для водойм господарсько-побутового призначення. Водночас концентрація хлорид-іонів досягла 382,86 мг/дм<sup>3</sup>, що також наближається до критичних меж.

Підвищений вміст сульфат-іонів може свідчити про значне антропогенне навантаження на водний об'єкт, зокрема, про вплив скидів побутових або промислових стічних вод, що містять сполуки сірки. Такі зміни хімічного складу води можуть мати негативні наслідки як для водних екосистем, так і для якості води, що використовується населенням.

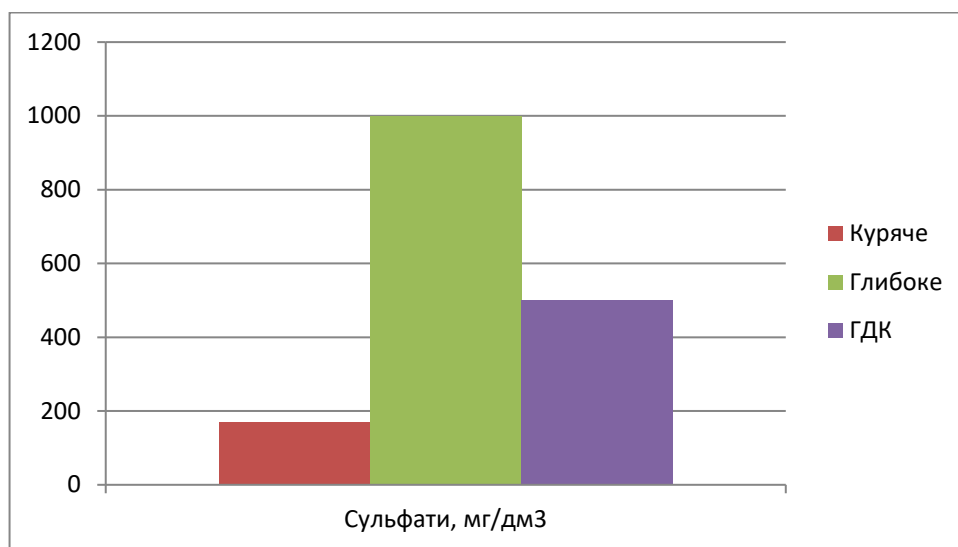


Рисунок 4.6 Вміст сульфат-іонів

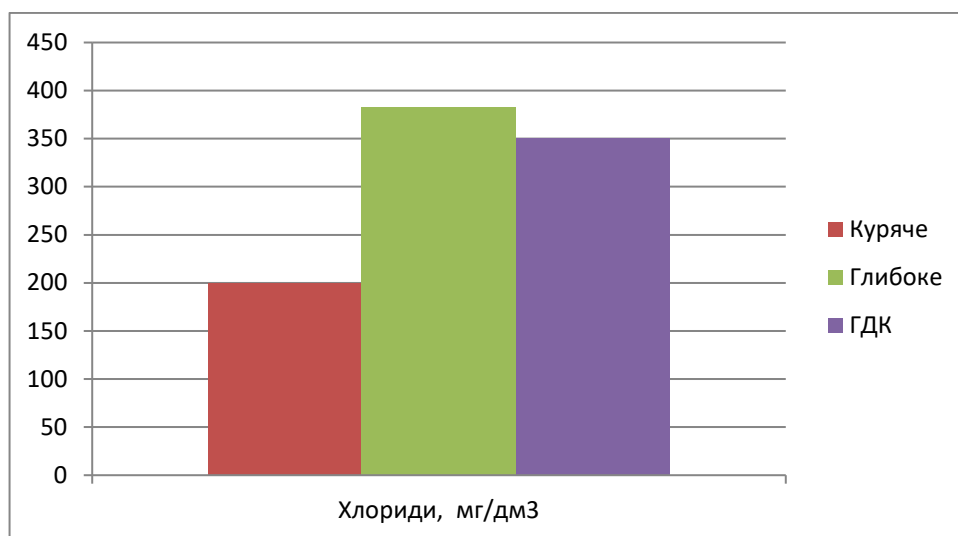


Рисунок 4.7 Вміст хлорид-іонів

Нітратний азот нами визначався в незначній кількості у водах озера Куряче (табл. 4.1), що вказує на добре окиснення органічної речовини. Але зовсім протилежні результати, ми отримали в пробах води, відібраних з о. Глибоке. Так вміст нітратів становить 68,94 мг/дм<sup>3</sup>. Це можна пояснити збільшенням кількості органічних речовин в осінньо-зимовий період (про

що свідчать високі значення показнику БСК<sub>5</sub>). Вміст нітратів по озерах наведено на рис. 4.8.

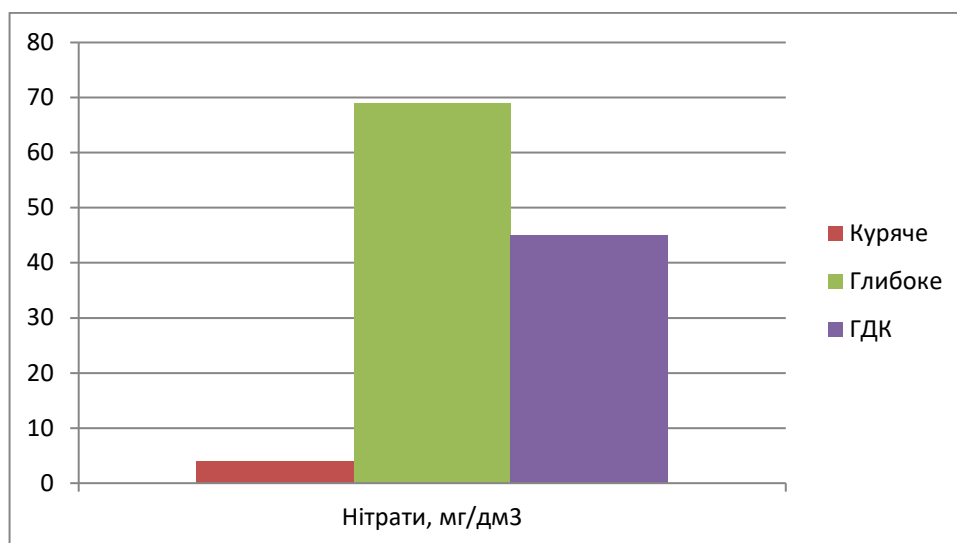


Рисунок 4.8 Вміст нітратів

Таким чином, формування гідрохімічного режиму озер на території міста Дніпро зумовлене сукупною дією низки чинників, серед яких основними є гідрометеорологічні, гідрологічні та внутрішньоводойменні процеси. Антропогенний вплив проявляється через локальне підвищення значень окремих гідрохімічних параметрів.

У водах озера Глибоке не було зафіксовано високих концентрацій біогенних елементів, що, ймовірно, пов'язано з повільним кругообігом речовин у водоймі. Проте зафіксовано суттєве підвищення концентрації нітратного азоту, що свідчить про наявність забруднення, зумовленого інтенсивним антропогенним навантаженням. Імовірним джерелом забруднення є стічні води господарсько-побутового характеру, які надходять із прилеглого житлового масиву, розташованого безпосередньо на березі водойми.

Показник БСК<sub>5</sub>, який є одним із найбільш інформативних індикаторів загального стану водної екосистеми, також демонструє значне перевищення

гранично допустимих концентрацій. Це підтверджує наявність органічного забруднення, спричиненого скиданням каналізаційних стоків, поверхневим зливом та іншими джерелами антропогенного походження.

Отже, враховуючи несприятливі екологічні умови озера Глибоке, виникає необхідність у впровадженні комплексу заходів, спрямованих на покращення екологічного стану водойми, забезпечення її стабільного функціонування та підтримання екосистеми на належному рівні. Слід розробити систему природоохоронних і відновлювальних дій, орієнтованих як на поліпшення загальної екологічної ситуації, так і на створення сприятливих умов для життєдіяльності водних організмів.

#### 4.3 Технологічні умови проведення екологічного оздоровлення озера Глибоке міста Дніпро

Результати проведених гідроекологічних досліджень дозволяють дати оцінку сучасному стану екосистеми та якості водного середовища озера. Зокрема, знижений вміст розчиненого кисню у придонному шарі свідчить про наявність органічного забруднення та активне протікання процесів розкладу органічних речовин, що також підтверджується високими значеннями біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>). У зв'язку з цим можна стверджувати, що екологічний стан озера Глибоке потребує покращення, зокрема шляхом очищення водойми від донних відкладів.

Процес вилучення донних наносів передбачає проведення днопоглиблювальних робіт, які, однак, супроводжуються рядом негативних екологічних наслідків: руйнуванням угруповань донної фауни, засипанням їхніх біотопів, знищенням нерестовищ, зміною гранулометричного складу дна, скаламучуванням водної товщі. У результаті порушується вегетація планктонних гідробіоценозів, зменшується видовий склад планктонних водоростей і погіршується газовий режим, зокрема вміст розчиненого у воді

кисню знижується до рівня 40–50% насичення. Це, своєю чергою, негативно позначається не лише на кормовій базі гідробіонтів, але й на інтенсивності росту і живлення молоді та дорослих особин риб, що завдає істотної шкоди рибогосподарському потенціалу водойми.

Як свідчать дані літературних джерел, основна маса донної кормової біоти зосереджена у верхньому шарі мулу товщиною близько 20 см. Виходячи з цього, для проведення ефективних і екологічно обґрунтованих меліоративних заходів із розчистки улоговин і проток доцільно застосовувати технології, які забезпечують мінімальне порушення поверхневого шару донних відкладів. Після вилучення надлишкової частини мулу необхідно зберегти верхній шар з біотою у межах водойми, що дозволить зменшити екологічні втрати та сприятиме швидкому відновленню кормових ресурсів, передусім донної фауни.

Екологічно орієнтована технологія технічної меліорації водойм була розроблена науково-дослідним еколого-виробничим підприємством «ЕКОДНІПРО». Принципова схема спеціалізованої установки на базі земснаряда для делікатного вилучення донних відкладів зображена на рисунку 4.9.

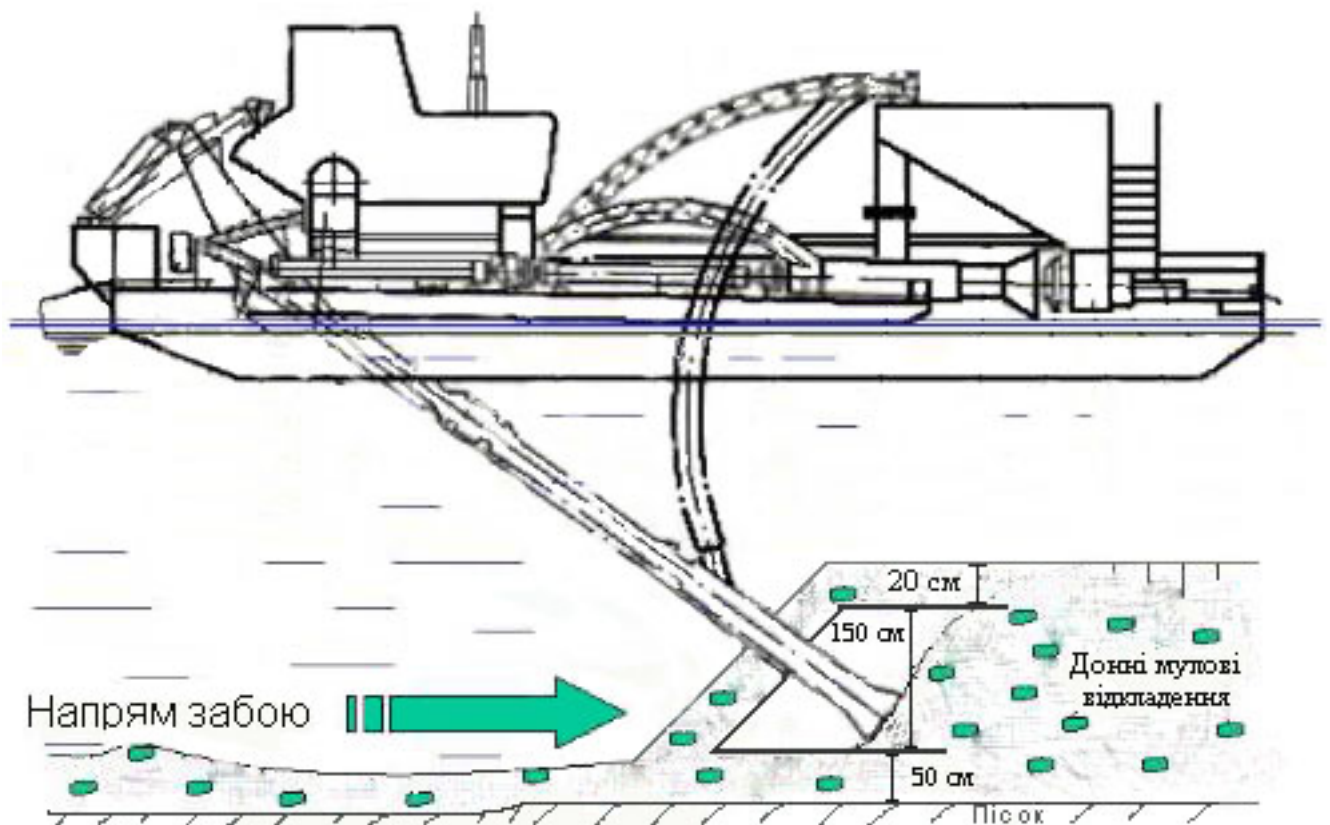


Рисунок 4.9 – Схема установки для відбору донних відкладів

З рисунку видно, що в земснаряді труба для забору мулу сконструйована так, що її відкрита нижня частина заглиблюється в донні відклади на 50 см від піщаного дна озера, тоді як верхня частина не зачіпає 20-сантиметровий поверхневий шар мулу. Таким чином, пристрій відбирає лише ту частину мулових мас, яка потрапляє в зону дії заборної системи, залишаючи верхній 20-сантиметровий шар мулу недоторканим. Під час руху земснаряда з мулозбірником цей шар поступово осідає назад на дно, що сприяє збереженню донних біоценозів.

Така технологія дозволяє одночасно видаляти накопичений мул з озера та проводити рекультивацію поверхневого шару дна, що забезпечує швидке відновлення кормових організмів і збереження нерестових ділянок.

Під час планування та виконання меліоративних робіт важливо усвідомлювати, що лише видалення мулу з озер не забезпечить їхнього екологічного відновлення. Для створення сприятливих фізико-хімічних і гідробіологічних умов необхідно підвищити рівень водообміну в озерах.

Варто зазначити, що вилучений мул слід вивозити за межі водойми. До комплексу заходів також потрібно включити обмеження надходження побутових стічних вод, що відповідає вимогам Водного кодексу України. Крім того, необхідно запобігати потраплянню алохтонних матеріалів і забруднених вод із берегів, які накопичуються під час дощів чи танення снігу, шляхом облаштування каналізаційної мережі та відведення поверхневого стоку. Для покращення якості води важливо очищати водойму від твердих побутових відходів і висаджувати деревну рослинність уздовж прибережної зони. Особливу увагу слід приділити забороні скидів забруднюючих речовин, а також облаштуванню вздовж берега стічних ям і контейнерів для відходів відповідно до встановлених норм.

Ключовим заходом для покращення екологічного стану озера Глибоке є підвищення рівня екологічної свідомості та культури громадян, які користуються водними та іншими природними ресурсами цієї унікальної екосистеми.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз стану охорони праці

Охорона праці є ключовим аспектом забезпечення безпеки працівників у будь-якій сфері діяльності, зокрема в наукових лабораторіях. Аналіз стану охорони праці передбачає оцінку відповідності умов праці нормативним вимогам, визначеним законодавством України, зокрема Законом України «Про охорону праці» та відповідними стандартами. У наукових лабораторіях основними ризиками є вплив хімічних речовин, електричного обладнання, а також можливість виникнення надзвичайних ситуацій, таких як пожежі чи витoki небезпечних матеріалів. Проведений аналіз показує, що більшість лабораторій оснащені базовими засобами захисту, такими як витяжні шафи, засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) та системи протипожежної безпеки. Проте часто виявляються недоліки у регулярності проведення інструктажів, недостатній підготовці персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях та застарілості обладнання. Для покращення стану охорони праці необхідно систематично оновлювати нормативну базу, проводити регулярні перевірки та підвищувати кваліфікацію працівників [26].

## 5.2 Аналіз виробничого травматизму

Виробничий травматизм у наукових лабораторіях має свої особливості, пов'язані зі специфікою роботи. За даними статистики, основними причинами травм є недотримання техніки безпеки під час роботи з електроприладами, хімічними речовинами та необережне поводження з лабораторним обладнанням. Наприклад, у 2023 році в Україні було зареєстровано 127 випадків травматизму в лабораторіях, з яких 15% пов'язані з електроприладами, а 25% – з хімічними опіками. Аналіз причин показує, що 60% травм сталися через недостатню обізнаність працівників щодо правил безпеки або ігнорування вимог інструкцій. Для зменшення рівня травматизму необхідно посилити контроль за дотриманням техніки безпеки, впроваджувати регулярні тренінги та забезпечити працівників сучасними засобами захисту.

## 5.3 Вимоги безпеки праці під час виконання робіт з використанням електроприладів

Робота з електроприладами в наукових лабораторіях вимагає суворого дотримання правил безпеки для запобігання ураження електричним струмом, коротких замикань та пожеж. Основні вимоги включають:

Використання електроприладів, що відповідають стандартам безпеки (наявність сертифікатів, ізоляція проводів).

Регулярна перевірка стану електрообладнання на наявність пошкоджень ізоляції чи несправностей.

Заборона використання електроприладів у вологих умовах без належного захисту [26].

Обов'язкове заземлення всіх електроприладів.

Використання ЗІЗ, таких як діелектричні рукавички та килимки, під час роботи з високовольтним обладнанням.

Проведення інструктажів для працівників щодо правил експлуатації електроприладів.

### 5.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи в лабораторії необхідно виконати низку підготовчих заходів для забезпечення безпеки:

1. Перевірка справності обладнання, інструментів та систем вентиляції.
2. Переконавання у наявності та справності ЗІЗ (халати, рукавички, захисні окуляри, респіратори).
3. Проведення інструктажу з техніки безпеки для всіх працівників, залучених до виконання робіт.
4. Перевірка наявності засобів пожежогасіння (вогнегасники, піщані ящики) та їхньої доступності.
5. Огляд робочого місця на предмет відсутності сторонніх предметів, які можуть створювати небезпеку.

### 5.3.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Під час виконання робіт у лабораторії необхідно дотримуватися таких вимог безпеки:

Використовувати обладнання лише за призначенням і відповідно до інструкцій.

Не залишати увімкнені електроприлади без нагляду.

Працювати з хімічними речовинами виключно у витяжній шафі.

Уникати контакту з відкритими електричними проводами чи несправними приладами.

Дотримуватися правил зберігання та утилізації небезпечних матеріалів.

У разі виявлення несправностей негайно припинити роботу та повідомити керівника.

### 5.3.3 Вимоги безпеки праці після закінчення роботи

Після завершення робіт у лабораторії необхідно виконати наступні дії:

1. Вимкнути всі електроприлади та від'єднати їх від мережі.
2. Очистити робоче місце від залишків матеріалів, інструментів та сміття.
3. Перевірити стан обладнання та повідомити про виявлені несправності.
4. Провести провітрювання приміщення, якщо використовувалися хімічні речовини.
5. Зняти та правильно зберігати ЗІЗ.
6. Переконаватися, що всі небезпечні матеріали утилізовані або зберігаються відповідно до вимог [27].

### 5.4 Вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях

У разі виникнення надзвичайних ситуацій, таких як пожежа, витік хімічних речовин або ураження електричним струмом, необхідно діяти чітко та організовано:

Негайно припинити роботу та вимкнути електроприлади, якщо це безпечно.

Евакуювати персонал із зони небезпеки за встановленими маршрутами.

Використовувати засоби пожежогасіння для локалізації невеликих осередків вогню.

Повідомити про надзвичайну ситуацію відповідні служби (пожежну, медичну) та керівництво.

У разі хімічного забруднення використовувати нейтралізуючі речовини та ЗІЗ.

Дотримуватися плану евакуації та не повертатися до зони небезпеки без дозволу.

### 5.5 Заходи з покращення стану охорони праці в науковій лабораторії

Для підвищення рівня безпеки в наукових лабораторіях пропонується впровадити такі заходи:

1. **Регулярне навчання персоналу:** Проводити щоквартальні тренінги з охороони праці, включаючи практичні заняття з реагування на надзвичайні ситуації.

2. **Модернізація обладнання:** Замінити застаріле обладнання на сучасне, що відповідає стандартам безпеки.

3. **Покращення вентиляційних систем:** Встановити потужніші витяжні шафи та системи вентиляції для зменшення впливу шкідливих речовин.

4. **Контроль за ЗІЗ:** Забезпечити всіх працівників достатньою кількістю засобів індивідуального захисту та контролювати їх використання.

5. **Автоматизація процесів:** Впровадити автоматизовані системи

моніторингу стану обладнання та середовища в лабораторії.

**6. Розробка чітких інструкцій:** Оновити та деталізувати інструкції з техніки безпеки для всіх видів робіт.

**7. Проведення аудитів:** Регулярно залучати незалежних експертів для оцінки стану охорони праці та виявлення потенційних ризиків.

Ці заходи сприятимуть зниженню рівня травматизму, підвищенню безпеки працівників та ефективності роботи лабораторії [28].

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було здійснено всебічне дослідження екологічного стану озер Куряче та Глибоке в місті Дніпро. Дослідження охоплювало аналіз фізико-географічних умов території, гідрохімічний аналіз вод, вивчення антропогенного навантаження, а також визначення можливих напрямів екологічного оздоровлення досліджуваних водойм.

### **1. Фізико-географічна характеристика району дослідження**

засвідчила, що озера розташовані в умовах інтенсивного промислового розвитку, щільної урбанізації, що суттєво впливає на їх водний баланс, якість води та здатність до самовідновлення. Геологічна будова й рельєф сприяють накопиченню поверхневого стоку та проникненню забруднювачів у водойми.

**2. Методи досліджень** включали комплекс гідрохімічних аналізів (визначення жорсткості, вмісту йонів, рН, сухого залишку тощо), які були виконані відповідно до сучасних екологічних вимог і стандартів. Це забезпечило надійну базу для оцінки стану водних об'єктів.

**3. Результати досліджень** показали, що обидва озера перебувають під значним антропогенним тиском. Особливо тривожним є стан озера Глибоке, де біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) перевищує гранично допустимі концентрації в 392 рази. Зафіксовані перевищення за вмістом нітритів, нітратів, сульфатів та хлоридів свідчать про значну забрудненість органічними речовинами та солями.

**4. Основними джерелами забруднення** встановлено стоки побутового

і промислового походження, порушення прибережних захисних смуг, хаотичне рекреаційне навантаження та відсутність належного контролю за якістю вод.

**5. Запропоновано низку заходів для екологічного оздоровлення озера Глибоке, серед яких — днопоглиблювальні роботи з екологічним супроводом, очищення від донних відкладів, покращення системи очищення стічних вод та встановлення систем моніторингу.**

**6. Розділ з охорони праці** акцентував увагу на безпеці під час лабораторних досліджень і запропонував практичні заходи щодо зниження виробничих ризиків у процесі виконання наукової роботи.

**7. Практичне значення дослідження** полягає в отриманні актуальних даних про якість вод міських водойм, які можуть бути використані місцевими екологічними службами та органами влади для прийняття рішень щодо природоохоронних заходів і стратегій ревіталізації водойм міста.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вакарчук Л. О. Основи екології. — К.: Лібра, 2021. — 320 с.
2. Опейкін В. М., Сніжко С. І. Гідрохімія: підручник. — К.: Либідь, 2018. — 512 с.
3. Бойко А. Л. Екологічна гідрологія. — К.: Освіта України, 2020. — 270 с.
4. Книш С. І., Довгаль І. Г. Методи контролю забруднення довкілля. — Харків: ХНАУ, 2019. — 292 с.
5. Гавриленко О. А. Екологічний аналіз якості вод. — К.: Кондор, 2020. — 188 с.
6. Шевчук В. Я., Мельничук С. О. Екологія. — К.: Либідь, 2017. — 380 с.
7. Воронін К. І., Іванов В. М. Екологія урбанізованих територій. — К.: Арістей, 2016. — 240 с.
8. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». — Відомості ВРУ, 1991, №41.
9. Водний кодекс України. — Офіц. текст. — К.: Верховна Рада України, 1995.
10. ДСТУ 4287:2004. Якість води. Відбір проб.
11. ДСТУ ISO 5667-3:2005. Якість води. Відбір проб. Настанови щодо зберігання та обробки проб.

12. Методика виконання вимірювань вмісту розчиненого кисню у воді титриметричним методом. — К.: Мінприроди, 2013.
13. Погорілий С. А. Урбоекосистеми та водні ресурси: методи управління. — Дніпро: Пороги, 2020. — 216 с.
14. Сніжко С. І., Опейкін В. М. Антропогенне навантаження на водні ресурси. — К.: Академперіодика, 2018. — 235 с.
15. Товстуха Є. С., Литвиненко Ю. А. Моніторинг довкілля. — К.: Знання, 2017. — 230 с.
16. Дьяков Ю. Н. Гидрохимия: основы и методы. — М.: Академия, 2016. — 398 с.
17. Гребенюк В. Д. Екологія водного середовища. — К.: Центр навчальної літератури, 2018. — 210 с.
18. Жежеря А. В. Екотоксикологія поверхневих вод. — Дніпро: УДХТУ, 2019. — 190 с.
19. Білецький В. С. Урбоекологія. — Харків: НТУ «ХП», 2021. — 298 с.
20. Guidebook on Water Quality Monitoring. — UNECE, 2020.
21. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. — 23rd ed., APHA, AWWA, WEF, 2017.
22. Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. — WHO/UNEP, 2006.
23. Кучерявий В. П. Основи ландшафтної екології. — Львів: Світ, 2020. — 384 с.
24. Дорошенко С. В. Урбанізація і довкілля: соціально-екологічний вимір. — К.: Наукова думка, 2017. — 256 с.