Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на тему *«Екологічна оцінка стану поверхневих вод в межах м. Запоріжжя та розробка технічних рішень»*

Виконав: студентка ___групи *6.1831*_____

спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища
освітньої програми
*Технології захисту навколишнього середовища*_

*Савченко К.О.*_____

Керівник *доцент, к.т.н. Манідіна Є.А.*_____

Рецензент *к.т.н. Грідяєв В.В*_____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра _____*металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*_____

Рівень вищої освіти _____*перший бакалаврський рівень*_____
другий (магістерський) рівень)

Спеціальність ___*183 Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма ___*Технології захисту навколишнього середовища*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____*МТЕТБ*_____
_____ *Ю.О. Бєлоконь*__

«____» _____2025 року

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

_____*Савченко Катерина Олексіївна*_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи « Екологічна оцінка стану поверхневих вод в межах м. Запоріжжя та розробка технічних рішень»
керівник роботи_____*Манідіна Євгенія Анатоліївна*_____*к.т.н, доцент*____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від *"__"*_____ 202_ року *№* _____
2. Строк подання студентом роботи _____*10.06.2025*_____
3. Вихідні дані до роботи *Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями. РічкаДніпро верхній та нижній б'єф.*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Вплив основних гідрохімічних показників якості поверхневих вод на довкілля. Вихідні речовини, матеріали та методи дослідження. Вихідні речовини та матеріали. Методи та методика проведення досліджень параметрів якості поверхневих вод. Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Порядок виконання екологічної оцінки якості води. Оцінка якості поверхневих вод за сольовим складом. Оцінка якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками. Оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії. Визначення об'єднаної екологічної оцінки якості поверхневих вод. Представлення результатів розрахунків. Дані хімічних досліджень. Узагальнена оцінка по сезонам. Порівняння якості води річки Дніпро в межах кожного сезону. Рекомендації щодо поліпшення поверхневих вод. Охорона праці та техногенна безпека в лабораторіях.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційний матеріал на слайдах (на 1 сторінках)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Вплив основних гідрохімічних показників якості поверхневих вод на довкілля	*Манідіна Є.А., доцент*	
Вихідні речовини, матеріали та методи дослідження	*Манідіна Є.А., доцент*	
Результати експериментальних досліджень	*Манідіна Є.А., доцент*	
Рекомендації щодо поліпшення поверхневих вод	*Манідіна Є.А., доцент*	
Охорона праці та техногенна безпека в лабораторіях	*Манідіна Є.А., доцент*	

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вплив основних гідрохімічних показників якості поверхневих вод на довкілля*		
2	*Вихідні речовини, матеріали та методи дослідження*		
3	*Результати експериментальних досліджень*		
4	*Рекомендації щодо поліпшення поверхневих вод*		
5	*Охорона праці та техногенна безпека в лабораторіях*		

Студент *Катерина САВЧЕНКО*

Керівник роботи *Євгенія МАНІДІНА*

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Андрій ВАГІН*

РЕФЕРАТ

ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ, ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД, ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ, СОЛЬОВИЙ СКЛАД, ТРОФО-САПРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, СПЕЦИФІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТОКСИЧНОЇ ДІЇ, ОБ'ЄДНАНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

Пояснювальна записка до кваліфікаційного проєкту: 86 с., 7 табл., 6 рис., 24 джерел, 3 дод.

Об'єкт дослідження – поверхневі води р. Дніпро в межах міста Запоріжжя.

Ціль роботи – визначення екологічного стану якості води р. Дніпро в межах м. Запоріжжя.

Для визначення основних параметрів поверхневих вод використовували метод прямої потенціометрії, фотоколориметрію, гравіметричний метод. Статистична обробка результатів досліджень проводилась з застосуванням стандартної програми Microsoft Excel.

Оцінено вплив основних гідрохімічних показників поверхневих вод на екосистеми водних об'єктів. Проведена об'єднана екологічна оцінка якості поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя за три сезони: весну, літо і осінь 2023 року та 2024 року. Проаналізовано вплив підриву Каховської ГЕС на якість води у нижньому б'єфі Дніпровської ГЕС.

Запропоновані автором практичні рішення можуть бути використанні державними та громадськими організаціями екологічного спрямування при розробці заходів щодо пом'якшення негативного впливу зміни гідрологічного режиму р. Дніпро.

В результаті теоретичного та експериментального дослідження вод р. Дніпро в межах м. Запоріжжя були надані такі рекомендації: встановлено доцільність та експериментально підтверджена можливість застосування для пом'якшення негативних наслідків зміни гідрологічного режиму р. Дніпро меліоративних заходів.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ВПЛИВ ОСНОВНИХ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА ДОВКІЛЛЯ 9
2 ВИХІДНІ РЕЧОВИНИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 12
2.1 Вихідні речовини та матеріали 12
2.2 Методи та методика проведення досліджень параметрів якості поверхневих вод 12
2.3 Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями 15
2.3.1 Порядок виконання екологічної оцінки якості води 16
2.3.2 Оцінка якості поверхневих вод за сольовим складом 19
2.3.3 Оцінка якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками 21
2.3.4 Оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії 22
2.3.5 Визначення об’єднаної екологічної оцінки якості поверхневих вод 23
2.3.6 Представлення результатів розрахунків 24
3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 24
3.1 Дані хімічних досліджень 25
3.2 Узагальнена оцінка по сезонам 27
3.2.1 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за весну 2023 року 27
3.2.2 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за літо 2023 року 29
3.2.3 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за листопад 2023 року 30
3.2.4 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за весну 2024 року 31
3.2.5 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за літо 2024 року 32
3.2.6 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за осінь 2024 року 33
3.2.7 Порівняння якості води річки Дніпро в межах кожного сезону 34
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД 44
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ЛАБОРАТОРІЯХ 49
5.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів 49

5.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія 51
5.3 Електробезпека 52
5.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека 52
ВИСНОВКИ 54
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 57
ДОДАТОК А Місця забору проб води 60
ДОДАТОК Б Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро 62
ДОДАТОК В Зниження негативних наслідків зміни гідрологічного режиму р. Дніпро 86

ВСТУП

У межах басейну річки Дніпро зосереджено низку ключових галузей промисловості: видобувну, металургійну, хімічну та нафтохімічну, машинобудівну, харчову. Також тут розташовані основні енергогенеруючі підприємства та значні площі зрошуваних земель, з яких у водні ресурси потрапляє велика кількість агрохімікатів. Протягом року близько 22% усіх скинутих у відкриті водойми вод становили недостатньо очищені або зовсім неочищені стоки. У 2017 році підприємства промислового сектору, зокрема чорної металургії та вугільної галузі, спричинили понад половину обсягу таких забруднень (53%), ще 42% – припадає на комунальні підприємства, передусім водоканали. Відходи промисловості містять велику кількість шкідливих домішок. Зокрема, підприємства металургії вивели найбільшу частку сухого залишку – 51% із загального показника 95 130 т у 2017 році. Водні об’єкти також зазнають значного навантаження через біогенні елементи. У 2017-му промисловість скинула 3713 т загального азоту (Ntotal) і 246,5 тонн фосфору (Ptotal), з яких основну частину становили нітрати (78%). Найбільшими забруднювачами в цьому аспекті є підприємства хімічного й нафтохімічного комплексу. До басейну Дніпра також потрапляють токсичні речовини, головними джерелами яких є чорна металургія та хімічна промисловість: у 2017 році скинуто 24,3 т нафтопродуктів і 6,9 т синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Серед важких металів у стічних водах переважають сполуки заліза – 96% (79,2 т), причому 59,4 т з них припадає на підприємства чорної металургії.

Зараз населення м. Запоріжжя спостерігає різке падіння рівня води та зміну гідрологічного режиму р. Дніпро в межах міста. Постає очевидне питання, щодо якості води в річці. Відомо, що на погіршення якості води в р. Дніпро впливає «первинне» і «вторинне» забруднення. «Первинне» забруднення, після руйнування ГЕС, обумовлюється надходженням до вод паливно-мастильних матеріалів, сміття, агрохімікатів та інших токсичних речовин, затопленням і порушенням роботи систем очистки стічних вод, каналізації. «Вторинне забруднення» вод р. Дніпро

обумовлено порушенням десятирічних шарів намулу, в яких відбувалось накопичення забруднюючих речовин [3].

Таким чином, дослідження зміни якості поверхневих вод в межах м. Запоріжжя є актуальним та доцільним завданням сьогодення.

1 ВПЛИВ ОСНОВНИХ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА ДОВКІЛЛЯ

Згідно Водного кодексу України [5] оцінку якості поверхневих вод проводять на основі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічного нормативу якості води масивів поверхневих та підземних вод.

Відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» оцінка якості поверхневих вод проводиться за наступними блоками [5,6]: сольового складу, трофо-сапробіологічних показників, специфічних речовин токсичної дії.

До основних параметрів, які характеризують вищенаведені блоки і є характерними для вод р. Дніпро в межах м. Запоріжжя входять наступні показники [7]: водневий показник pH, азот амонійний, залізо загальне, нікель, ортофосфати, сульфати, фториди, хлориди, сухий залишок, ХСК, розчинений кисень.

Розглянемо вплив даних показників на тваринний і рослинний світ водних об’єктів.

Коливання pH водного середовища від природного значення (для відповідного водного об’єкта) негативно впливає на життєздатність організмів, що населяють водойми, їхній розвиток. Водневий показник чинить вплив на перетворення різних форм поживних речовин, а також може підсилювати токсичність забруднювачів [8].

Одним із показників можливого бактеріального зараження водного об’єкту є азот амонійний (також нітрати, нітрити). Саме наявність даної речовини у водоймі призводить до інтенсивного росту водоростей та зменшує вміст кисню у воді [9].

Про наявність у воді заліза загального свідчить її жовтий відтінок, підвищена її каламутність, яка створюється за рахунок зависання осаду у шарі води. Наявність заліза у водоймі також може спонукати комплексоутворення з іншими речовинами, що підсилює їхній токсичний вплив на живі організми [10].

Наявність нікелю у водоймах, призводить до його адсорбції завислими речовинами та подальшим його відкладенням на дні водойми. При цьому

відбувається порушення кисневого режиму у водному об’єкті, зниженню pH, зміні його окисно-відновного потенціалу. Все це призводить до значного погіршення життєдіяльності, і навіть до загибелі, тваринного та рослинного світу водойм [11].

Наявність підвищеного вмісту фосфору у воді є однією з основних причин евтрофікації водойм, що призводить до надмірного розмноження автотрофних організмів, в першу чергу водоростей і ціанобактерій. Така висока продуктивність спричиняє збільшення бактеріальних популяцій і високого темпа дихання, що в свою чергу спричиняє гіпоксію та анаеробію в поверхневих водах в теплий період року. Низький вміст розчиненого кисню призводить до вивільнення багатьох речовин, що зв’язані з осадом, включаючи різні форми фосфору, що містять нервово-паралітичні отрути. Це призводить до інтенсифікації процесу евтрофікації [12,13].

При потраплянні у водойми сульфати викликають піноутворення, порушують кисневий обмін, токсично впливають на фауну, погіршують біологічне окислення органічних речовин і перешкоджають біологічному очищенню стічних вод. Оскільки сульфати містять біогенний елемент сірку, високі концентрації у воді призводять до евтрофікації водойм. Високі концентрації сульфатів у воді також збільшують її солоність [14].

Наявність в поверхневих водах сухого залишку характеризує вміст в них розчинних солей. Зміна рівня солоності та жорсткість води негативно впливає на життєздатність гідробіоценозів [15].

При надмірному вмісту фтору у поверхневих водах нагромаджується у водоростях і негативно діє на процес фотосинтезу, порушує дихальні процеси, тим самим, спричиняє загибель мікроорганізмів та безхребетних [16].

Вміст хлоридів у воді збільшує її рівень солоності, що в свою чергу порушує рівновагу процесів у водоймах. Високі концентрації хлоридів порушують біологічні процеси, що протікають в водних об’єктах, погіршують життєдіяльність живих організмів [17].

Аеробні бактерії, які потребують кисню, швидко розмножуються у воді з високим вмістом органічних речовин. Це призводить до зменшення розчиненого

кисню та гіпоксії, що вбиває певні водні організми. Відомо, що чим більше забруднена річкова вода органічними речовинами, тим вищий показник БСК [18].

Високий рівень хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих водах свідчить на високий вміст органічних і неорганічних речовин, які можуть виснажувати розчинений кисень у воді, що призводить до негативних екологічних наслідків.

Розчинений кисень у воді є одним з основних показників якості води, які відіграють важливу роль у житті організмів, що населяють водойми. Отже, кількість розчиненого кисню у воді є важливою характеристикою для оцінки стійкості водних екосистем [19].

2 ВИХІДНІ РЕЧОВИНИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Вихідні речовини та матеріали

Якість води у річці Дніпро погіршується під впливом як «первинного», так і «вторинного» типів забруднення. Після знищення гідроелектростанції до водойми потрапили паливно-мастильні речовини, побутове та промислове сміття, залишки агрохімікатів і токсичних сполук, що виникло внаслідок затоплення територій та порушення роботи систем каналізації й очисних споруд – це явище відносять до «первинного» забруднення. Водночас «вторинне» забруднення пов'язане з підняттям та перемішуванням багаторічних шарів донних відкладень, у яких протягом десятиліть накопичувалися шкідливі речовини [3].

У зв’язку з цим аналіз змін якості поверхневих вод у межах Запоріжжя є надзвичайно важливим і своєчасним завданням.

2.2 Методи та методика проведення досліджень параметрів якості поверхневих вод

З метою отримання узагальненої характеристики якості води у річці Дніпро в межах міста Запоріжжя було здійснено відбір проб у трьох контрольних точках (див. дод. А, рис. А.1): проба №1 - в районі Правобережного пляжу (Дніпровський район), проба №2 – поблизу Центрального пляжу (Вознесенівський район), проба №3 - в зоні між Центральним і Вознесенівським пляжами, неподалік готелю «Reikartz Запоріжжя» (також Вознесенівський район).

Забір води проводився у верхній частині водного шару – на глибині приблизно 20–30 см від поверхні.

Для визначення рівня кислотності (pH) застосовувався прилад EZDO-7200-pH-TDS-Salt, який дозволяє вимірювати декілька параметрів води одночасно; похибка приладу становить 0,02% (рис. 2.1).

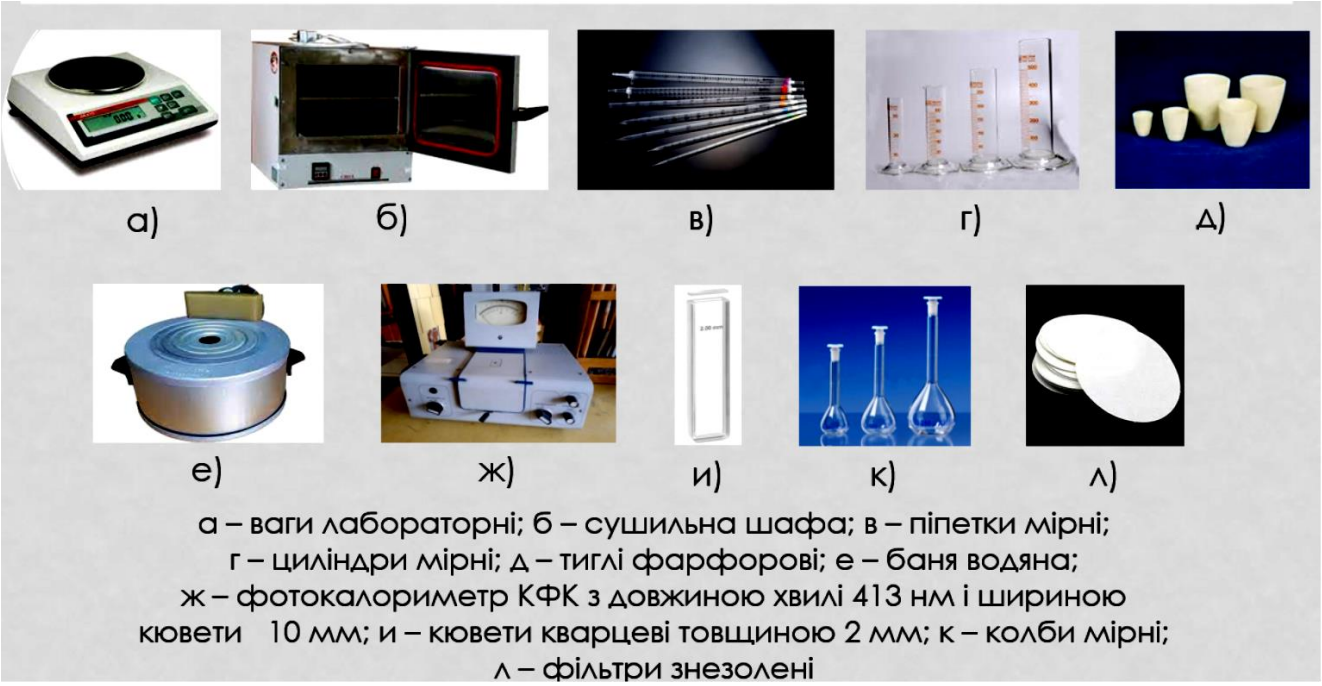


Рисунок 2.1 – Прилади, що застосовуються для експериментальних досліджень

Для аналізу вмісту загального заліза та нітрат-іонів у зразках води використовували фотоелектричний колориметр КФК-3, обладнаний кюветами з довжиною оптичного шляху 10 мм. Прилад забезпечує високу точність вимірювання, з максимальною похибкою до 0,15%.

Визначення концентрації нітрат-іонів у воді проводилось на основі реакції між нітратами та натрієвою саліциловою сіллю в умовах кислого середовища, що призводить до утворення 3-нітросаліцилової і 5-нітросаліцилової кислот. У присутності лугу солі цих кислот набувають характерного жовтого кольору. Подальше вимірювання інтенсивності забарвлення здійснюється фотоколориметричним способом. Найбільш ефективною довжиною хвилі для такого аналізу є 413 нм. Визначення кількості нітрат-іонів проводиться шляхом зіставлення результатів вимірювань з градуювальним графіком. Остаточна масова концентрація нітратів у пробі розраховується за методикою, затвердженою нормативом МВВ №081/12-0651-09.Методика фотометричного визначення загального заліза у поверхневих водах базується на взаємодії іонів двовалентного

заліза з 1,10-фенантроліном з утворенням комплексу червоного кольору. Вимірювання оптичної густини проводиться при довжини хвилі λ = 510 нм. Відновлення заліза (III) до заліза (II) проводиться за допомогою гідроксиламіну (КНД 211.1.4.034-95).

Визначення масової концентрації сульфат-іонів здійснюється за принципом утворення важкорозчинного сульфату барію. Для цього до водного зразка додають хлорид барію, внаслідок чого формується осад сульфату барію. Отриманий осад фільтрують, ретельно промивають, висушують і прожарюють при температурі 800 °С до стабільної маси. Подальше зважування здійснюється гравіметричним методом. На основі отриманих даних розраховується концентрація сульфатів у пробі води згідно з методикою МВВ 081/12-0007-01.

У таблиці 2.1 подано перелік нормативних джерел, відповідно до яких проводилися вимірювання основних характеристик поверхневих вод. Ці документи стали основою для інтегральної оцінки стану води річки Дніпро в межах Запоріжжя за окремими показниками та визначення її класу і категорії якості.

Таблиця 2.1 – Методики виконання вимірювань показників поверхневих вод

Показник складу поверхневих вод	Методика виконання вимірювань
Водневий показник, од. pH	МВВ № 081/12-0317-06
Азот амонійний, мг/дм^3	МВВ № 081/12-0106-03
Залізо загальне, мг/дм^3	КНД 211.1.4.034-95
Нікель, мг/дм^3	МВВ № 081/12-0178-05
Нітрати, мг/дм^3	МВВ № 081/12-0651-09
Нітрити, мг/дм^3	КНД 211.1.4.023-95
Ортофосфати, мг/дм^3	МВВ № 081/12-0879-13
Сульфати, мг/дм^3	МВВ 081/12-0007-01
Сухий залишок, мг/дм^3	МВВ № 081/12-0109-03
Фториди, мг/дм^3	СЕВ
Хлориди, мг/дм^3	МВВ № 081/12-0653-09

2.3 Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями

Методика екологічного аналізу стану поверхневих вод, наведена в цих методичних рекомендаціях, була створена відповідно до положень Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Водного кодексу України» та постанови Кабінету Міністрів України від 19 березня 1997 року № 244. Основною метою є дотримання вимог у сфері охорони довкілля, визначення пріоритетних напрямів у сфері управління якістю поверхневих вод, а також адаптація національного законодавства до екологічних норм Європейського Союзу. Запровадження цієї методики спрямоване на гармонізацію із європейськими і міжнародними підходами у сфері водної політики та поліпшення стану водних об'єктів. Застосування екосистемного підходу відповідає сучасним європейським тенденціям, викладеним у Рамковій водній директиві ЄС 2000/60/ЄС, яка регулює політику у сфері водних ресурсів.Екологічна оцінка якості вод – віднесення вод до певного класу і категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників (критеріїв) її складу і властивостей з наступним їх обчисленням та інтегруванням.

Оцінка екологічного стану води дає змогу визначити її роль як елементу водної екосистеми, середовища існування водних організмів і складової частини навколишнього середовища, в якому перебуває людина. Визначення якості поверхневих вод базується на їх екологічній класифікації, що охоплює показники гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, мікробіологічних характеристик, які відображають як фізико-хімічний стан води, так і стан водної біоти. Така класифікація слугує основою для екологічного оцінювання якості поверхневих вод і є частиною загальної нормативної системи, яка використовується для комплексного аналізу стану довкілля в Україні. Вона також застосовується для виявлення наслідків антропогенного впливу, формування вимог до охорони вод, планування природоохоронних заходів та оцінки їх ефективності. Проведення подібної оцінки необхідне для розробки екологічних нормативів якості води для окремих водойм або їх частин, водних систем чи басейнів річок.

2.3.1 Порядок виконання екологічної оцінки якості води

Під час екологічного аналізу якості поверхневих вод обов’язково враховують три основні групи показників: показники, що характеризують сольовий склад, трофо-сапробіологічні (санітарно-екологічні) характеристики, а також речовини, що мають токсичну дію. Підсумкове оцінювання здійснюється на основі узагальнення результатів усіх трьох груп параметрів.

Розрізняють два типи екологічної оцінки водного об’єкта – попередню та розширену. Орієнтовна оцінка застосовується для початкових досліджень, тоді як детальна – для прийняття важливих рішень.

Попередню оцінку екологічного стану здійснюють за результатами одноразових вимірювань ключових показників, які найбільш точно відображають стан конкретного водного об'єкта або його частини. Ці значення зіставляють із нормативними критеріями, що дозволяє встановити відповідний клас і категорію якості води. Важливо зазначити, що об'єднання разових вимірювань для формування загальної оцінки якості води не допускається.

Поглиблена екологічна оцінка якості поверхневих вод проводиться у чотири основні кроки:

– систематизація та аналіз первинної інформації;

– встановлення класів і категорій якості води за кожним окремим індикатором;

– агрегування отриманих оцінок якості води за групами показників із подальшим обчисленням інтегральних класів і категорій;

– формування загальної оцінки стану водного об’єкта або його частин з урахуванням усіх блоків за визначений період спостереження.

2.3.1.1 Групування і обробки вихідних даних якості води

Вихідні дані щодо якості поверхневих вод за окремими параметрами поділяються на три основні групи.

Згідно з «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», для оцінювання якості води використовують такі показники:

Блок сольового складу:

– рівень мінералізації;

– іонний склад води;

– забруднення компонентами сольового складу для прісних, гіпо- та олігогалінних, а також солонуватих β-мезогалинних вод, які мають важливе екологічне значення;

Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників:

– гідрофізичні параметри (завислі речовини, прозорість води);

– гідрохімічні показники (концентрація іонів водню, амонійного і нітратного азоту, фосфатного фосфору, розчиненого кисню; окиснюваність за перманганатною та біхроматною методиками, біохімічне споживання кисню);

– гідробіологічні – біомаса фітопланктону, індекси самоочищення та самозабруднення;

– бактеріологічні – чисельність бактеріопланктону і сапрофітних бактерій;

– біоіндикація сапробності за системами Пантле-Букка і Гуднайта-Уітлея;

Блок специфічних токсичних речовин:

– вміст токсичних сполук;

– рівень токсичності;

– показники радіаційного впливу.

2.3.1.2 Визначення класів і категорій якості води за окремими показниками

Процес здійснюється у наступній послідовності:

Значення кожного окремого показника порівнюють із відповідними стандартами якості води;

На основі цього порівняння для кожного параметра встановлюють відповідну категорію якості води;

Після зіставлення з критеріями спеціалізованих класифікацій і розрахунку середнього значення сумарних категорій визначаються класи якості води для кожного блоку окремо.

2.3.1.3 Узагальнення оцінок якості води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води

Узагальнена оцінка якості води проводиться окремо для кожного з трьох тематичних блоків показників. При цьому обчислюються три індекси: I_1 – для характеристик сольового складу, I_2 – для трофо-сапробіологічних або санітарно-екологічних параметрів, I_3 – для речовин із токсичними чи радіаційними властивостями.

Кожен індекс визначається як середнє значення порядкових номерів категорій, присвоєних окремим параметрам у межах відповідного блоку. Наприклад, якщо показник віднесено до першої категорії – йому присвоюється значення 1, до другої – 2 і т.д. У результаті індекси можуть набувати дробових значень, що забезпечує деталізовану градацію стану води.

Для переведення числових значень індексів у підкатегорії якості водного об’єкта використовують спеціальну шкалу, що поділяє діапазон можливих значень на умовні інтервали (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Визначення субкатегорій якості води

Значення індексів по блоках (I_1, I_2, та I_3 та I_E)	Значення відповідних субкатегорій якості води
1,0 – 1,2	1
1,3 – 1,4	1(2)
1,5 – 1,6	1 – 2
1,7 – 1,8	2(1)
1,9 – 2,2	2
2,3 – 2,4	2(3)
і т.д. для категорій 3 – 7.	

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюють окремо: I_E – також може бути дробовим числом і визначення субкатегорій якості води на підставі екологічного індексу здійснюють так само, як для блокових індексів.

2.3.2 Оцінка якості поверхневих вод за сольовим складом

Оцінювання сольового складу поверхневих вод здійснюється шляхом аналізу загального вмісту іонів та окремих їх компонентів. Процедура включає кілька послідовних етапів:

1.Фіксується найменування контрольної точки, де проводились вимірювання;

2. До таблиці заносяться значення загальної концентрації іонів, а також концентрацій хлоридів і сульфатів, виражені в мг/дм³;

3. На підставі загального вмісту іонів встановлюється рівень мінералізації з визначенням відповідного класу та категорії якості води згідно з нормативними критеріями;

4. Проводиться визначення категорій якості за показниками, що характеризують забрудненість води компонентами сольового складу;

Екологічна характеристика іонного складу передбачає встановлення класу води за домінуючими аніонами, групи — за провідними катіонами (відповідно до табл. 2.3), а також типу води, що визначається шляхом обчислення співвідношень між іонними компонентами згідно з формулою (2.1).

5. Для позначення видів природних вод вживають символи, наприклад, гідрокарбонатний клас, група кальцію, тип другий – C^{Ca}_{II}, сульфатно-хлоридно-кальцієві води другого типу – SCI^{Ca}_{II}.

Тип води визначається співвідношеннями між іонами (в еквівалентах):

$$\begin{aligned} &I\ HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}, \\ &II\ HCO_3 < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3 + SO_4^{2-}, \\ &III\ HCO_3 + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}, \\ &IV\ HCO_3 = 0. \end{aligned} \qquad (2.1)$$

6. Вказується кількість показників якості води використаних для проведення екологічної оцінки за сольовим складом – n_i.

Таблиця 2.3 – Перерахунок аналізу води з іонної в процент-міліграм-еквівалентну форму

Іон	Вміст в мг/л	Перерахунковий коефіцієнт	Міліграм-еквівалент	%-міліграм-еквівалент
Аніони: HCO_3^- SO_4^{2-} Cl^-		 0,0164 0,0208 0,0282		
Разом				100
Катіони: Na^+ Ca^{2+} Mg^{2+}		 0,0435 0,0499 0,0822		
Разом				100

7. Визначається сума категорій – Σ;

8. Розраховується середнє значення категорій $\bar{x}$ показників якості води за формулою (2.2), з точністю до сотих:

$$\chi = \frac{\Sigma}{n_i}, \tag{2.2}$$

9. середнього арифметичного ($\overline{x}$) для показників блоку сольового складу округлюють до першого десяткового знака з метою обчислення індексу I_1, що характеризує ступінь забруднення;

10.Категорію якості води визначають шляхом округлення розрахованого індексу I_1 до найближчого цілого числа;

11. Субкатегорія якості встановлюється на основі точного значення I_1 відповідно до шкали, поданої в таблиці 2.2;

Клас поверхневих вод визначається відповідно до встановленої категорії якості.

2.3.3 Оцінка якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками

Оцінювання екологічного стану поверхневих вод суходолу за трофо-сапробіологічними (санітарно-екологічними) параметрами здійснюється на основі аналізу індивідуальних значень гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних і бактеріологічних індикаторів, а також індексів сапробності. Кожен із цих показників дозволяє виявити рівень евтрофікації та належність до певної сапробної зони. Для отримання надійного результату необхідно використовувати щонайменше десять показників.

Розрахунок здійснюється у вигляді таблиці, аналогічно до методики оцінювання за сольовим складом (див. Розділ 2), дотримуючись тієї ж логіки побудови:

1. Заповнюються отримані з вихідних даних величини гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних показників та індексів сапробності (окрім NH_4, NO_2, NO_3 та PO_4, які представлені в мгN/дм^3 та мгP/дм^3).

Оскільки в вихідних даних концентрації сполук азоту та фосфору виражені в мг/дм^3 – замість мгN/дм^3 та мгP/дм^3, а прозорість в сантиметрах – замість метрів, якщо не врахувати зазначені обставини, то можна припуститись грубих помилок під час виконання екологічної оцінки.

2. Перераховують сантиметри в метри, а масу сполук азоту і фосфору з молекулярної в атомарну форму, використовуючи робочі коефіцієнти перерахунку:

1,00 мгNH_4^+/дм^3 відповідає 0,775 мгN/дм^3;

1,00 мгNO_2^-/дм^3 відповідає 0,305 мгN/дм^3;

1,00 мгNO_3^-/дм^3 відповідає 0,226 мгN/дм^3;

1,00 мгPO_4^{3-}/дм^3 відповідає 0,326 мгP/дм^3.

3. Визначаються категорії якості води, відповідно до вказаних величин, згідно трофо-сапробіологічних критерій;

4. Вказується кількість показників якості води – n_i, визначається сума категорій – Σ, розраховується середнє значення категорій $\bar{x}$ відповідно до

попереднього варіанту розрахунків за критеріями сольового складу (Розд. 2, формула (2.2));

5. Обчислюють індекс трофо-сапробіологічних характеристик (I_2), усереднюючи значення показників у межах відповідного блоку й округлюючи результат до десятих частин;

6. На підставі округленого до найближчого цілого значення індексу I_2 визначають відповідну категорію якості водного об’єкта;

7. Субкатегорію води встановлюють відповідно до числового значення I_2 згідно з діапазонами, наведеними у таблиці 2.1;

8. На основі визначеної категорії надається опис рівня трофікації та належності до певної сапробної зони;

Клас якості води встановлюють відповідно до категоріальної оцінки.

2.3.4 Оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії

Оцінювання стану поверхневих вод суші за окремими показниками токсичності та радіоактивності здійснюється індивідуально для кожного з них. Процедура аналізу має табличний формат і виконується за аналогією з методами, що використовуються для оцінки сольового складу та трофо-сапробіологічних характеристик (див. розділи 2 і 3), у наступній послідовності:

У таблицю заносяться значення специфічних токсичних і радіаційних параметрів, отримані з вхідних даних.

На основі цих даних встановлюється відповідна категорія якості води відповідно до нормативів вмісту токсичних речовин.

Фіксується кількість проаналізованих показників (ni), підраховується сума присвоєних категорій (Σ) і обчислюється їх середнє значення ($\overline{x}$), аналогічно алгоритму, описаному для сольових характеристик у формулі (2.2) розділу 2.

Індекс токсичної дії (І3) визначається як округлене до десятих значення середнього $\bar{x}$.

Категорія води встановлюється за округленим до цілого значенням індексу І3.

Визначається субкатегорія якості води згідно з табл. 2.1, відповідно до величини індексу І3.

Клас якості води встановлюється на основі визначеної категорії.

2.3.5 Визначення об'єднаної екологічної оцінки якості поверхневих вод

Для водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального, або екологічного індексу (I_E). Використання екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися однозначною оцінкою: для планування водоохоронної діяльності, опрацювання водоохоронних заходів, здійснення екологічного і еколого-економічного районування, екологічного картографування тощо.

Екологічний індекс обчислюємо за формулою:

$$I_E = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \tag{2.3}$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;

I_3 – індекс специфічних показників токсичної дії.

Оцінювання стану поверхневих вод суші за окремими показниками токсичності та радіоактивності здійснюється індивідуально для кожного з них. Процедура аналізу має табличний формат і виконується за аналогією з методами, що використовуються для оцінки сольового складу та трофо-сапробіологічних характеристик (див. розділи 2 і 3), у наступній послідовності:

У таблицю заносяться значення специфічних токсичних і радіаційних параметрів, отримані з вхідних даних.

На основі цих даних встановлюється відповідна категорія якості води відповідно до нормативів вмісту токсичних речовин.

Фіксується кількість проаналізованих показників (ni), підраховується сума присвоєних категорій (Σ) і обчислюється їх середнє значення ($\overline{x}$), аналогічно алгоритму, описаному для сольових характеристик у формулі (2.2) розділу 2.

Індекс токсичної дії (І3) визначається як округлене до десятих значення середнього $\overline{x}$.

Категорія води встановлюється за округленим до цілого значенням індексу І3.

Визначається субкатегорія якості води згідно з табл. 2.1, відповідно до величини індексу І3.

Клас якості води встановлюється на основі визначеної категорії.

2.3.6 Представлення результатів розрахунків

Результати оцінювання екологічного стану поверхневих вод суші оформлюються у вигляді таблиць, діаграм та картографічних матеріалів. Табличні дані можуть бути складені як для конкретних точок моніторингу, так і для водного об'єкта загалом. У таких таблицях наводяться значення проаналізованих показників разом із відповідними їм класами та категоріями якості води.

Серед усіх способів візуалізації найінформативнішим і найзручнішим вважається картографічний. Залежно від цілей дослідження, створюються узагальнені або аналітичні карти, які можуть включати:

– загальну оцінку екологічного стану поверхневих вод;

– оцінку якості води на основі середніх значень групових індексів (І1, І2, І3);

– оцінювання за окремими екологічними показниками [21].

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дані хімічних досліджень

Результати експериментального дослідження показників якості води в р. Дніпро в межах м. Запоріжжя (місця відбору проб зазначені в п.2.2, рис. А.1, А.2 дод.А, методики дослідження див. табл. 2.1) наведені в таблиці 3.1 і таблиці 3.2. Дані таблиць якості води доповнені також інформацією, що представлена на сайті КП «Водоканал». Допустимі концентрації забруднюючих речовин наведені згідно ДСТУ 4808:2007 (Наказ № 721 МОЗ України від 02.05.2022 р.).

Таблиця 3.1 – Хімічний аналіз якості поверхневих вод верхнього б'єфу Дніпровської ГЕС за пробою № 1

Концентрація забруднюючих речовин	Показники складу поверхневих вод									
	Водневий показник, од. pH	Амоній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3	Нітрати, мг/дм^3	Нітрити, мг/дм^3	Сульфати, мг/дм^3	Сухий залишок, мг/дм^3	Фториди, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3
Допустимі концентрації	6,5 – 8,1	2,0	1,0	0,1	45,0	3,3	500,0	650,0	1,5	350,0
Березень 2023 року	8,6	0,32	0,21	0,006	0,3	0,008	35,7	326,4	0,21	32,8
Квітень 2023 року	8,0	0,37	0,19	0,006	1,5	0,01	37,7	289,8	0,14	33,8
Травень 2023 року	7,5	0,39	0,25	0,006	3,3	0,007	37,0	313,5	0,16	35,3
Червень 2023 року	7,3	0,51	0,21	<0,01	1,3	<0,003	42,6	291,6	0,18	34,5
Липень 2023 року	7,2	0,54	0,18	<0,01	1,56	<0,003	46,1	300,0	0,1	35,5
Серпень 2023 року	7,1	0,52	0,21	<0,01	2,4	0,026	42,8	294,3	0,12	34,0
Листопад 2023 року	7,5; 8,5*	0,49; 0,161*	0,19; 0,127*	<0,01; 0,031*	3,46; <0,25*	0,006; <0,03*	31,6; 144,1*	287,8; 328,0*	0,12; <0,1*	29,5; 44,32*
Березень 2024 року	8,1; 8,6*	0,45	0,17; 0,061*	<0,01	1,7; 9,47*	0,004; 0,115*	42,6; 98,06*	352,6; 460,0*	0,16; 0,288*	33,5; 54,95*
Квітень 2024 року	7,9	0,49	0,28	<0,01	1,15	0,005	58,9	370,1	0,12	39,0
Травень 2024 року	7,6; 7,8*	0,53	0,25	<0,01	0,55	<0,003; 0,001*	42,6; 60,0*	283,6; 220,0*	0,12	36,5

Червень 2024 року	7,3	0,5	0,26	<0,01	0,63	0,007	39,3	295,7	0,16	34,0
Липень 2024 року	7,2	0,54	0,27	<0,01	1,68	<0,003	32,8	269,0	0,14	31,5
Серпень 2024 року	7,2; 7,4*	0,49; 0,15*	0,17	<0,01	1,75	<0,003; 0,203*	28,5	257,9; 246,3*	0,12	32,5
Вересень 2024 року	7,3	0,46	0,18	<0,01	3,2	<0,003	25,5	262,5	0,15	32,5
Жовтень 2024 року	7,3	0,4	0,22	<0,01	4,3	<0,003	29,3	278,4	0,15	30,0
Листопад 2024 року	7,5; 7,8*	0,43; 0,223*	0,24	<0,01	3,4	<0,003; 0,02*	23,4	272,7	0,18	28,0
*Дані хімічних досліджень.										

Хімічний аналіз стану поверхневих вод у верхньому б’єфі Дніпровської ГЕС за пробою № 1 базується на експериментальних дослідженнях та даних, наданих КП «Водоканал». Різниця у показниках пояснюється тим, що забір води для досліджень здійснювався поблизу міського Правобережного пляжу (Дніпровський район), тоді як КП «Водоканал» контролює якість води після водопровідних станцій ДВС-2 Правого берегу, розташованих вище по течії.

Результати хімічного аналізу верхнього б’єфу свідчать про наступне:

– у березні 2023 року було зафіксовано перевищення нормативів за водневим показником;

– влітку 2023 року концентрації забруднюючих речовин у воді не перевищували допустимі межі;

– у березні 2024 року знову відзначене перевищення водневого показника;

– влітку 2024 року рівні забруднювачів залишалися в межах допустимих норм;

– восени 2024 року також не було виявлено перевищень концентрацій забруднюючих речовин.

Таблиця 3.2 – Хімічний аналіз якості поверхневих вод нижнього б’єфу Дніпровської ГЕС за листопад 2023 року

Концентрація забруднюючих речовин	Показники складу поверхневих вод										
	Водневий показник, од. pH	Амоній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3	Нітрати, мг/дм^3	Нітрити, мг/дм^3	Ортофосфати, мг/дм^3	Сульфати, мг/дм^3	Сухий залишок, мг/дм^3	Фториди, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3
Допусти-мі концен-трації	6,5 – 8,1	2,0	1,0	0,1	45,0	3,3	0,153	500,0	650,0	1,5	350,0
Проба № 2	7,5	0,101	2,538	0,109	36,71	0,159	0,143	420,26	1451,0	0,6	116,68
Проба № 3	6,8	0,31	0,24	0,02	1,62	0,042	0,217	66,04	246,0	0,3	26,59

Забір води для проби № 2 здійснювався в районі Центрального пляжу (Вознесенівський район), а для проби № 3 — поблизу готелю «Reikartz Запоріжжя», що розташований між Центральним та Вознесенівським пляжами в тому ж районі.

Значне перевищення допустимих концентрацій за п’ятьма параметрами у нижньому б’єфі Дніпровської ГЕС пов’язане з наслідками підриву Каховської ГЕС, що спричинило зміну гідрологічного режиму річки Дніпро, різке зниження рівня води, мілiювання Каховського водосховища та порушення десятилітніх шарів намулу, де накопичувалися забруднювальні речовини.

Хімічний аналіз якості поверхневих вод за листопад 2023 року виявив перевищення норм за такими показниками: водневий показник, загальний вміст заліза, нікель, ортофосфати та сухий залишок.

3.2 Узагальнена оцінка по сезонам

3.2.1 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за весну 2023 року

За результатами обробки експериментальних досліджень було визначено оцінку якості вод за сольовим складом (табл. Б.1, дод.Б). Визначено, що за

критерієм мінералізації клас якості вод в середньому по р. Дніпро відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас вод – хлоридні (CI); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води у пробі № 1 за березень відноситься до першої, у пробі № 1 за квітень – до першої, у пробі № 1 за травень – до першої, в середньому по р. Дніпро – до першої; клас якості води у пробі № 1 за березень – перший, у пробі № 1 за квітень – перший, у пробі № 1 за травень – перший, в середньому по р. Дніпро – перший.

Результати оцінки якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. Б.2, дод.Б) показали, що категорія якості води у пробі № 1 за березень відноситься до третьої, у пробі № 1 за квітень – до третьої, у пробі № 1 за травень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої; за класом якості вода у пробі № 1 за березень відноситься до другого, у пробі № 1 за квітень – до другого, у пробі № 1 за травень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії (табл. Б.3, дод.Б) показала, що категорія якості води у пробі № 1 за березень відноситься до четвертої, у пробі № 1 за квітень – до третьої, у пробі № 1 за травень – до четвертої, в середньому по р. Дніпро – до четвертої; за класом якості вода у пробі № 1 за березень відноситься до третьої, у пробі № 1 за квітень – до другого, у пробі № 1 за травень – до третього, в середньому по р. Дніпро – до третього.

Під час визначення об’єднаної оцінки якості води (табл. Б.4, дод.Б) встановлено, що категорія якості води у пробі № 1 за березень відноситься до третьої, у пробі № 1 за квітень – до третьої, у пробі № 1 за травень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за березень відноситься до другого, у пробі № 1 за квітень – до другого, у пробі № 1 за травень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого. В середньому по р. Дніпро стан поверхневих вод за класом добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

3.2.2 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за літо 2023 року

За результатами обробки експериментальних досліджень було визначено оцінку якості вод за сольовим складом (табл. Б.5, дод.Б). Визначено, що за критерієм мінералізації клас якості вод в середньому по р. Дніпро відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас вод – хлоридний (CI); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води у пробі № 1 за червень відноситься до першої, у пробі № 1 за липень – до першої, у пробі № 1 за серпень – до першої, в середньому по р. Дніпро – до першої; клас якості води у пробі № 1 за червень – перший, у пробі № 1 за липень – перший, у пробі № 1 за серпень – перший, в середньому по р. Дніпро – перший.

Результати оцінки якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. Б.6, дод.Б) показали, що категорія якості води у пробі № 1 за червень відноситься до другої, у пробі № 1 за липень – до другої, у пробі № 1 за серпень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої; за класом якості вода у пробі № 1 за червень відноситься до другого, у пробі № 1 за липень – до другого, у пробі № 1 за серпень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії (табл. Б.7, дод.Б) показала, що категорія якості води у пробі № 1 за червень відноситься до четвертої, у пробі № 1 за липень – до третьої, у пробі № 1 за серпень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за червень відноситься до третього, у пробі № 1 за липень – до другого, у пробі № 1 за серпень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Під час визначення об’єднаної оцінки якості води (табл. Б.8, дод.Б) встановлено, що категорія якості води у пробі № 1 за червень відноситься до другої, у пробі № 1 за липень – до другої, у пробі № 1 за серпень – до другої, в середньому по р. Дніпро – до другої. За класом якості вода у пробі № 1 за червень

відноситься до другого, у пробі № 1 за липень – до другого, у пробі № 1 за серпень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого. В середньому по р. Дніпро стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – дуже добрі, ступінь чистоти за категорією – чисті.

3.2.3 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за листопад 2023 року

За результатами обробки експериментальних досліджень було визначено оцінку якості вод за сольовим складом (табл. Б.9, дод.Б). Визначено, що за критерієм мінералізації клас якості вод в середньому по р. Дніпро відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод – олігогалинні – 2, за критеріями іонного складу клас – сульфатний (S); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води у пробі № 1 відноситься до другої, у пробі № 2 – до другої, у пробі № 3 – до другої, в середньому по р. Дніпро – до другої; клас якості води у пробі № 1 – другий, у пробі № 2 – другий, у пробі № 3 – другий, в середньому по р. Дніпро – другий.

Результати оцінки якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. Б.10, дод.Б) показали, що категорія якості води у пробі № 1 відноситься до третьої, у пробі № 2 – до третьої, у пробі № 3 – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої; за класом якості вода у пробі № 1 відноситься до другого, у пробі № 2 – до другого, у пробі № 3 – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії (табл. Б.11, дод.Б) показала, що категорія якості води у пробі № 1 відноситься до третьої, у пробі № 2 – до сьомої, у пробі № 3 – до четвертої, в середньому по р. Дніпро – до п’ятої. За класом якості вода у пробі № 1 відноситься до другого, у пробі № 2 – до п’ятого, у пробі № 3 – до третього, в середньому по р. Дніпро – до третього.

Під час визначення об’єднаної оцінки якості води (табл. Б.12, дод.Б) встановлено, що категорія якості води у пробі № 1 відноситься до третьої, у пробі

№ 2 – до четвертої, у пробі № 3 – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 відноситься до другого, у пробі № 2 – до третього, у пробі № 3 – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого. В середньому по р. Дніпро стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

3.2.4 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за весну 2024 року

За результатами обробки експериментальних досліджень було визначено оцінку якості вод за сольовим складом (табл. Б.13, дод.Б). Визначено, що за критерієм мінералізації клас якості вод в середньому по р. Дніпро відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас – сульфатний (S); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води у пробі № 1 за березень відноситься до другої, у пробі № 1 за квітень – до другої, у пробі № 1 за травень – до другої, в середньому по р. Дніпро – до другої; клас якості води у пробі № 1 за березень – другий, у пробі № 1 за квітень – другий, у пробі № 1 за травень – другий, в середньому по р. Дніпро – другий.

Результати оцінки якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. Б.14, дод.Б) показали, що категорія якості води у пробі № 1 за березень відноситься до п’ятої, у пробі № 1 за квітень – до другої, у пробі № 1 за травень – до другої, в середньому по р. Дніпро – до третьої; за класом якості вода у пробі № 1 за березень відноситься до третього, у пробі № 1 за квітень – до другого, у пробі № 1 за травень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії (табл. Б.15, дод.Б) показала, що категорія якості води у пробі № 1 за березень відноситься до третьої, у пробі № 1 за квітень – до третьої, у пробі № 1 за травень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за березень відноситься до другого, у пробі № 1 за

квітень – до другого, у пробі № 1 за травень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Під час визначення об'єднаної оцінки якості води (табл. Б.16, дод.Б) встановлено, що категорія якості води у пробі № 1 за березень відноситься до четвертої, у пробі № 1 за квітень – до другої, у пробі № 1 за травень – до другої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за березень відноситься до третього, у пробі № 1 за квітень – до другого, у пробі № 1 за травень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого. В середньому по р. Дніпро стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

3.2.5 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за літо 2024 року

За результатами обробки експериментальних досліджень було визначено оцінку якості вод за сольовим складом (табл. Б.17, дод.Б). Визначено, що за критерієм мінералізації клас якості вод відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод в середньому по р. Дніпро – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас – хлоридний (CI); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води у пробі № 1 за червень відноситься до другої, у пробі № 1 за липень – до другої, у пробі № 1 за серпень – до другої, в середньому по р. Дніпро – до другої; клас якості води у пробі № 1 за червень – другий, у пробі № 1 за липень – другий, у пробі № 1 за серпень – другий, в середньому по р. Дніпро – другий.

Результати оцінки якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. Б.18, дод.Б) показали, що категорія якості води у пробі № 1 за червень відноситься до другої, у пробі № 1 за липень – до другої, у пробі № 1 за серпень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої; за класом якості вода у пробі № 1 за червень відноситься до другого, у пробі № 1 за липень – до другого, у пробі № 1 за серпень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії (табл. Б.19, дод.Б) показала, що категорія якості води у пробі № 1 за червень відноситься до четвертої, у пробі № 1 за липень – до третьої, у пробі № 1 за серпень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за червень відноситься до третього, у пробі № 1 за липень – до другого, у пробі № 1 за серпень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Під час визначення об'єднаної оцінки якості води (табл. Б.20, дод.Б) встановлено, що категорія якості води у пробі № 1 за червень відноситься до другої, у пробі № 1 за липень – до другої, у пробі № 1 за серпень – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за червень відноситься до другого, у пробі № 1 за липень – до другого, у пробі № 1 за серпень – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого. В середньому по р. Дніпро стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

3.2.6 Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за осінь 2024 року

За результатами обробки експериментальних досліджень було визначено оцінку якості вод за сольовим складом (табл. Б.21, дод.Б). Визначено, що за критерієм мінералізації клас якості вод відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод в середньому по р. Дніпро – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас – хлоридний (CI); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води у пробі № 1 за вересень відноситься до другої, у пробі № 1 за жовтень – до першої, у пробі № 1 за листопад – до першої, в середньому по р. Дніпро – до першої; клас якості води у пробі № 1 за вересень – другий, у пробі № 1 за жовтень – перший, у пробі № 1 за листопад – перший, в середньому по р. Дніпро – перший.

Результати оцінки якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. Б.22, дод.Б) показали, що категорія якості

води у пробі № 1 за вересень відноситься до третьої, у пробі № 1 за жовтень – до третьої, у пробі № 1 за листопад – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої; за класом якості вода у пробі № 1 за вересень відноситься до другого, у пробі № 1 за жовтень – до другого, у пробі № 1 за листопад – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії (табл. Б.23, дод.Б) показала, що категорія якості води у пробі № 1 за вересень відноситься до третьої, у пробі № 1 за жовтень – до третьої, у пробі № 1 за листопад – до четвертої, в середньому по р. Дніпро – до четвертої. За класом якості вода у пробі № 1 за вересень відноситься до другого, у пробі № 1 за жовтень – до другого, у пробі № 1 за листопад – до третього, в середньому по р. Дніпро – до третього.

Під час визначення об'єднаної оцінки якості води (табл. Б.24, дод.Б) встановлено, що категорія якості води у пробі № 1 за вересень відноситься до третьої, у пробі № 1 за жовтень – до третьої, у пробі № 1 за листопад – до третьої, в середньому по р. Дніпро – до третьої. За класом якості вода у пробі № 1 за вересень відноситься до другого, у пробі № 1 за жовтень – до другого, у пробі № 1 за листопад – до другого, в середньому по р. Дніпро – до другого. В середньому по р. Дніпро стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

3.2.7 Порівняння якості води річки Дніпро в межах кожного сезону

Порівнюючи якість води річки Дніпро за весну і літо 2023 року у верхньому б'єфі, слід зазначити наступне:

– за сольовим складом, а саме: за рівнем мінералізації клас вод відноситься до прісних, за категорією якості – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас вод – хлоридні (CI); за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води в середньому по р. Дніпро – перша, клас – перший;

– трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями показали, що категорія якості води в середньому по р. Дніпро відноситься до третьої, клас якості – другий;

– встановлено, що за специфічними показниками токсичної дії якість вод відрізняється: за весну в середньому по р. Дніпро категорія води відноситься до четвертої, клас якості – третій; за літо категорія якості відноситься до третьої, клас якості – до другого;

– також встановлено різницю в результатах якості води під час визначення об'єднаної оцінки: за весну в середньому по р. Дніпро категорія води відноситься до третьої, клас якості – другий, стан поверхневих вод за класом добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті; за літо результати відрізняються наступними показниками: категорія – друга, стан за категорією – дуже добрі, ступінь чистоти за категорією – чисті.

Отже, за весну і літо 2023 року якість води за сольовим складом і трофо-сапробіологічними однакова, за специфічними показниками і об'єднаною оцінкою відрізняється, але не суттєво. Влітку у верхньому б'єфі якість води вища, у порівнянні з весною.

Слід зазначити, що російські війська захопили і контролювали Каховську ГЕС після вторгнення в Україну з 24 лютого 2022 року. Шлюзи, які контролювали випуск води через дамбу, не були переміщені з лютого 2023 року. Окупанти підтримували аномально високий рівень води решту весняних місяців. Як наслідок, рівень води Каховського водосховища в травні досяг 30-річного максимуму, в результаті чого в межах м. Запоріжжя у нижньому б'єфі підвищився рівень води. Це, у свою чергу, змусило призупинити спуск води з верхнього б'єфу, що, вочевидь, призвело до застою води і погіршення її якості навесні.

6 червня 2023 року був здійснений терористичний акт Російської Федерації внаслідок якого була зруйнована Каховська ГЕС. Цей воєнний злочин відноситься до акту екоциду. В результаті цих дій Каховське водосховище стало стрімко втрачати воду. Через неконтрольований витік води водосховище у штучному

вигляді перестало існувати, рівень води та площа поверхні в межах водойми загалом повернулися до показників рівнів та площі поверхні дзеркала Дніпра та інших річок його басейну в період до створення водосховища. Згодом влітку відновився спуск води з верхнього б'єфу Дніпровської ГЕС, що позитивно відзначилося на якості води у ньому.

При цьому у нижньому б'єфі після Дніпровської ГЕС ситуація протилежна. Після підриву Каховської ГЕС р. Дніпро в межах м. Запоріжжя зазнала різкого падіння рівня води та зміни гідрологічного режиму. Виникає проблема в необхідному ступені розбавлення води, підвищенні концентрацій забруднюючих речовин, відкритті десятирічних шарів намулу, в яких відбувалось накопичення забруднюючих речовин. Постає очевидне питання, щодо якості води в річці. Аналіз якості води в нижньому б'єфі Дніпровської ГЕС був проведений у листопаді 2023 року.

При порівнянні якості поверхневих вод р. Дніпро в межах м. Запоріжжя за літо і осінь, зокрема листопад, 2023 року, визначено наступне:

– за сольовим складом, а саме: за рівнем мінералізації клас вод відноситься до прісних, проте категорія якості вод відноситься до олігогалинних-2, за критеріями іонного складу клас, на відміну від літа, є сульфатним (S), за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води в середньому по р. Дніпро – друга, клас якості – другий;

– за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями якість вод не відрізняється;

– за специфічними показниками токсичної дії якість вод погіршилася, а саме: з третьої категорії до п'ятої, клас якості – з другого до третього;

– за об'єднаною екологічною оцінкою встановлено, що якість води знизилася за категорією з другої до третьої; стан і ступінь теж незначно погіршився: стан за категорією змінився з дуже добрих на добрі, ступінь чистоти за категорією – з чистих на досить чисті.

На рис. 3.1-3.5 наведені забруднюючі речовини і їх числові показники, які перевищують допустимі значення на трьох пунктах спостереження.

За результатами експериментального дослідження було встановлено перевищення допустимого значення водневого показника у пробі № 1 (район міського Правобережного пляжу) (рис.3.1).

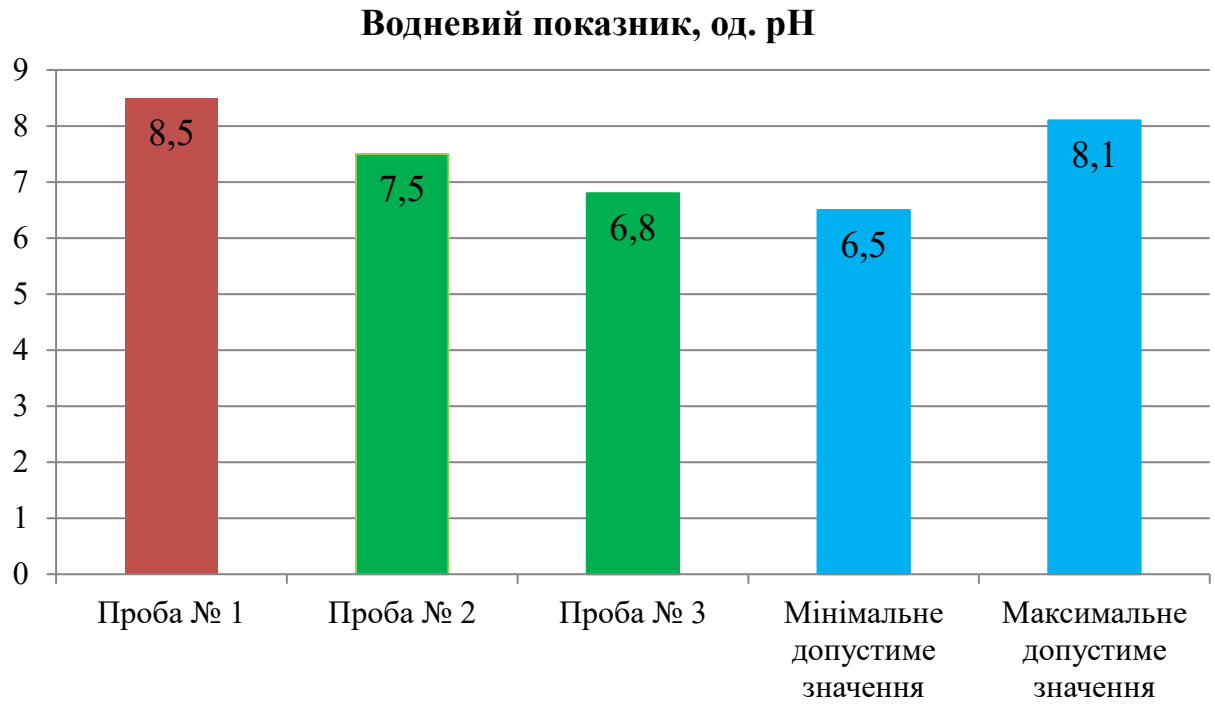


Рисунок 3.1 – Значення водневого показника pH

Залізо загальне перевищує допустиму концентрацію у пробі № 2 (район Центрального пляжу), що є очікуваним, оскільки дана проба відбиралася з місця, де безпосередньо розташовані стокові труби (рис.3.2).

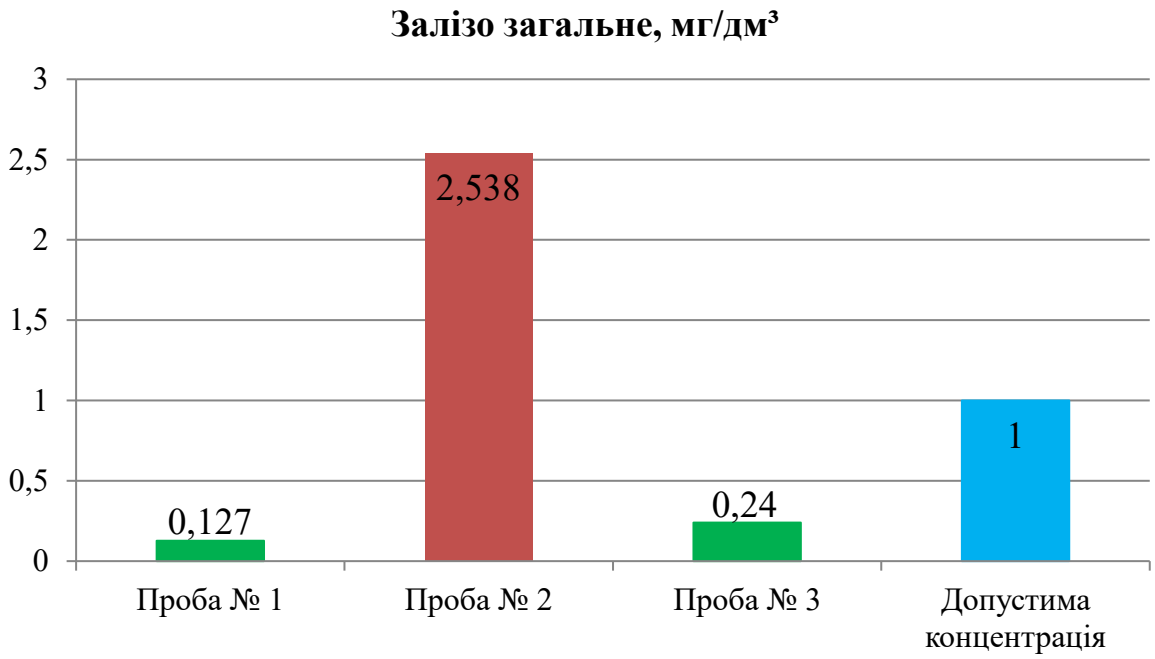


Рисунок 3.2 – Значення заліза загального

Вірогідно, саме з цієї причини було зафіксовано незначне перевищення концентрації нікелю зафіксовано у пробі № 2 (район Центрального пляжу) (рис.3.3).

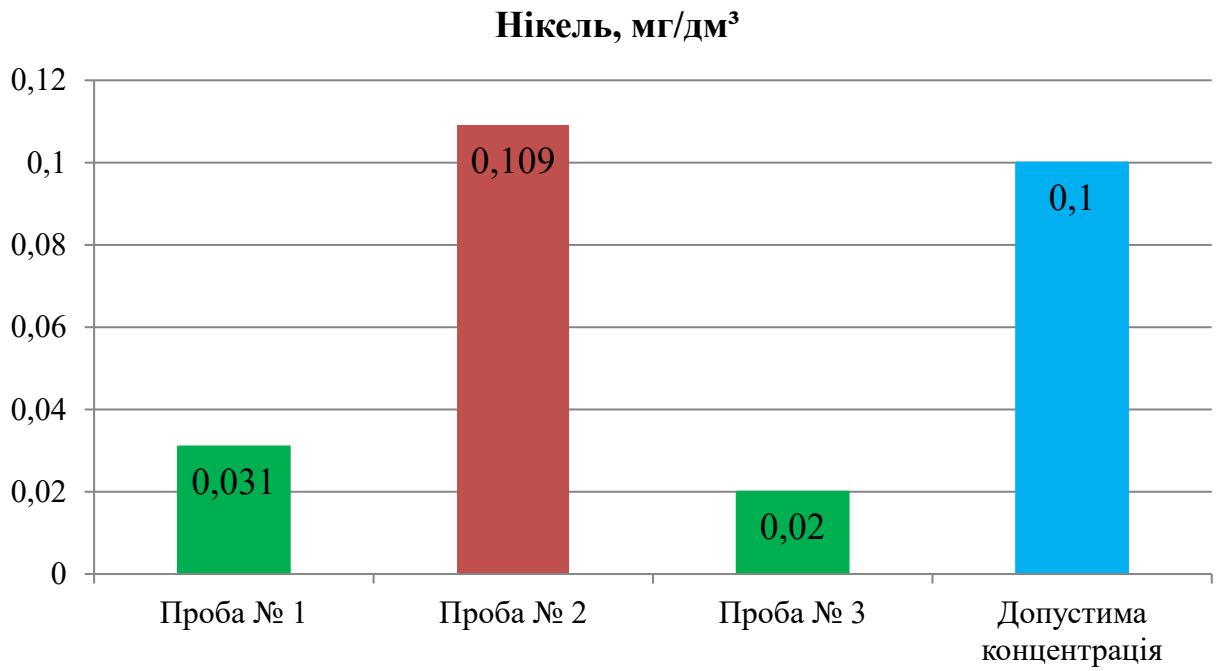


Рисунок 3.3 – Значення нікелю

Неочікуваним було встановлення перевищення допустимих концентрацій ортофосфатів у двох пробах – № 1 і № 3 відповідно у районі міського

Правобережного пляжу і біля готелю «Reikartz Запоріжжя» (між Центральним і Вознесенівським пляжем) (рис. 3.4).

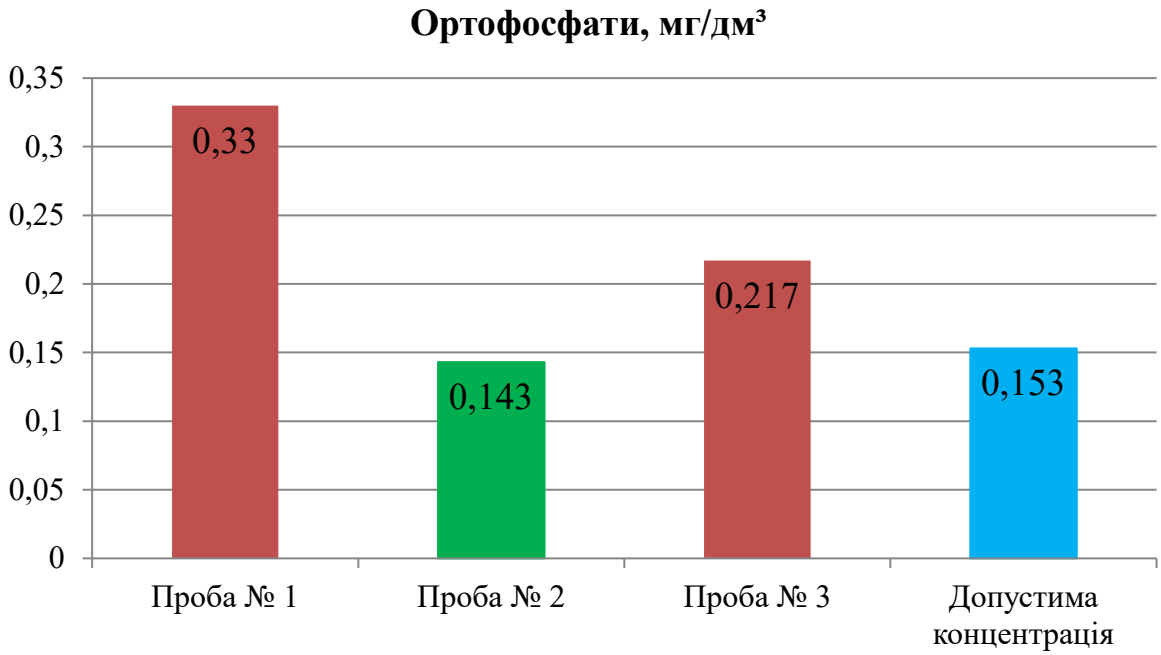


Рисунок 3.4 – Значення ортофосфатів

При цьому найбільше перевищення вмісту ортофосфатів спостерігалося у верхньому б’єфі. Вочевидь, поблизу розташовані місця скиду стоків комунальних підприємств, автомийок. Також встановлено, що відбувається перевищення максимального значення концентрації сухого залишку у відібраній пробі № 2 (у районі Центрального пляжу), що обумовлено розташування місця забору проби біля скиду промислових стоків та вказує на їхню високу мінералізацію (рис. 3.5).

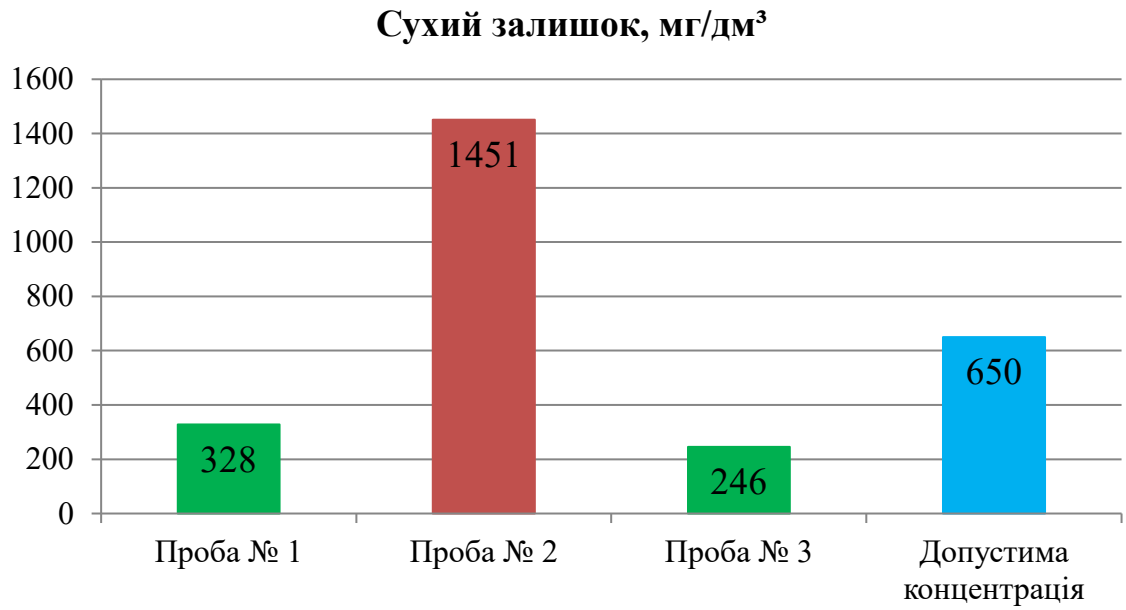


Рисунок В.5 – Значення сухого залишку

Отже, за результатами експериментальних досліджень встановлено, що у районі Центрального пляжу зафіксована найбільша кількість перевищених показників допустимої концентрації забруднюючих речовин (заліза загального, нікелю, сухого залишку).

Порівнюючи якість поверхневих вод верхнього б'єфу р. Дніпро за весну і літо 2024 року, можна зробити наступні висновки:

– за сольовим складом якість вод відрізняється лише за класом критеріїв іонного складу – весною клас сульфатний (S), а влітку – хлоридний (CI); в обох дослідженнях води є прісними, гіпогалинними-1, категорія якості – друга, клас – другий;

– за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями категорія якості води відноситься до третьої, клас якості – другий;

– за специфічними показниками токсичної дії категорія якості води відноситься до третьої, клас якості – другий;

– під час визначення об'єднаної оцінки якості води встановлено, що результати за обидва сезони однакові, а саме: категорія якості води – третя, клас якості – другий, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

Тобто, якість вод за весну і літо 2024 року однакова.

Під час проведення екологічної оцінки за літо та осінь 2024 року визначено наступне:

– за сольовим складом, а саме: за критерієм мінералізації клас якості вод відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас – хлоридний (CI); різниця в якості спостерігається за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1): влітку категорія відноситься до другої, клас – другий; восени води більш чисті – категорія якості відноситься до першої, клас якості – перший;

– за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями якість вод однакова: категорія відноситься до третьої, клас – другий;

– за специфічними показниками токсичної дії якість вод відрізняється: влітку категорія якості відноситься до третьої, клас – другий; восени води більш забруднені – категорія якості відноситься до четвертої, клас якості – третій;

– за об'єднаною екологічною оцінкою встановлено, що якість вод однакова: категорія якості – третя, клас якості – другий, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

Отже, на протязі літа-осені 2024 року зафіксовано коливання якості вод. За сольовим складом восени води більш чисті, проте за специфічними показниками токсичної дії восени води більш забруднені. Але за об'єднаною екологічною оцінкою якість і стан поверхневих вод однаковий.

Порівнюючи стан вод у верхньому б'єфі за весну 2023 року і весну 2024 року, можна зробити наступні висновки:

– за сольовим складом, а саме за критерієм мінералізації клас якості вод відноситься до першого, категорія якості вод – гіпогалинні-1; навесні 2023 року за критеріями іонного складу клас вод – хлоридний (CI), за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) категорія води відноситься до першої, за класом якості – до першого; навесні 2024 року води були сульфатними (S), категорія якості – друга, клас якості – другий;

– за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями якість вод однакова: категорія відноситься до третьої, клас – до другого;

– за специфічними показниками токсичної дії якість вод відрізняється: навесні 2023 року категорія якості відноситься до четвертої, клас – до третього; навесні 2024 року категорія якості відноситься до третьої, клас – до другого;

– під час визначення об'єднаної оцінки якості води встановлено, що якість вод однакова: категорія вод відноситься до третьої, клас – до другого,
стан поверхневих вод за класом добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

Отже, якість вод верхнього б'єфу за показниками сольового складу краще навесні 2023 року, за специфічними показниками токсичної дії якість вища навесні 2024 року. За трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями і за об'єднаною оцінкою якість вод однакова.

При проведенні об'єднаної екологічної оцінки протягом літа 2023 року і літа 2024 року у верхньому б'єфі встановлено наступне:

– за сольовим складом, а саме: за критерієм мінералізації клас якості вод відноситься до першого (прісні води – I), категорія якості вод – гіпогалинні-1, за критеріями іонного складу клас вод – хлоридний (CI); проте якість вод відрізняється за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1): влітку 2023 року категорія якості відноситься до першої, клас якості вод – перший; влітку 2024 року категорія якості відноситься до другої, клас якості вод – другий;

– за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями якість вод однакова: категорія відноситься до третьої, клас – до другого;

– за специфічними показниками токсичної дії якість вод однакова: категорія якості води відноситься до третьої, клас – до другого;

– якість вод за об'єднаною оцінкою дещо відрізняється: влітку 2023 року категорія якості води відноситься до другої, клас якості – другий, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – дуже добрі, ступінь чистоти за категорією – чисті; влітку 2024 року категорія відноситься до третьої, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

Отже, за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями та за специфічними показниками токсичної дії якість води протягом літа 2023 року і літа 2024 року однакова. За сольовим складом і за об'єднаною екологічною оцінкою якість вод краща влітку 2023 року.

При проведенні екологічної оцінки восени 2023 року, зокрема у листопаді, і восени 2024 року, можна зробити наступні висновки:

– за критеріями забруднення компонентами сольового складу (I_1) восени 2023 року категорія води у пробі № 1 відноситься до другої, клас якості води у пробі № 1 – другий; восени 2024 року категорія води відноситься до першої, клас якості – перший;

– за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями показники однакові: категорія якості води відноситься до третьої, за класом якості вода відноситься до другого;

– за специфічними показниками токсичної дії якість води за осінь 2023 року за категорією відноситься до третьої, за класом – до другого; за осінь 2024 року за категорією якість води відноситься до четвертої, клас якості – третій;

– за об'єднаною екологічною оцінкою якість вод верхнього б'єфу у листопаді 2023 року і восени 2024 року однакова: категорія якості води у відноситься до третьої, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

Отже, у верхньому б'єфі у листопаді 2023 року вода більш забруднена ніж восени 2024 року, проте за специфічними показниками токсичної дії якість води у листопаді 2023 року більш висока. За трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями та в цілому за об'єднаною екологічною оцінкою якість вод однакова.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Заходи щодо поліпшення якості води водних об’єктів умовно можна поділити на такі групи: профілактичні, діагностичні, процедурні, технічні, меліоративні.

Профілактичні (запобіжні) заходи спрямовані на запобігання або обмеження забруднення, засмічення і виснаження вод.

Вони насамперед передбачають:

– розробку схем комплексного використання та охорони водних ресурсів на певній території;

– раціональне розміщення об'єктів – водокористувачів;

– розробку нових та вдосконалення наявних технологій виробництва.

Профілактичні заходи вживаються, як правило, ще на етапі введення промислових об’єктів або при модернізації існуючого на виробництві устаткування (потребує значних капіталовкладень та тривалих досліджень). Отже на сьогодні ці заходи не є доцільними.

Діагностичні заходи, як правило, спрямовані на виявлення складу та обсягів можливого забруднення (виснаження) водних ресурсів і включають:

– нормування водопостачання і водовідведення;

– нормування гранично допустимих концентрацій різних речовин у водах питного, рибогосподарського та іншого призначення;

– контроль за скиданням стічних вод та екологічним станом водних об'єктів і прилеглих територій.

Процедурні заходи застосовуються тоді, коли водні об'єкти вже забруднені або виснажені, і тому спрямовуються на усунення існуючого забруднення. До цієї групи заходів належать:

– організація безстічного виробництва;

– застосування зворотного водопостачання;

– заміна водного охолодження повітряним;

– очищення снігових і зливних вод;

– накладання штрафних санкцій за забруднення, засмічення і виснаження вод аж до закриття підприємств – джерел забруднення.

Існуючі діагностичні та процедурні заходи на сьогодні не можуть бути ефективно використані і потребують адаптування до нових умов. Так, для поетапного досягнення екологічного нормативу якості води водних об’єктів необхідно проводити перегляд нормативів гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин промисловими та комунальними підприємствами. Відомо, що для встановлення значень ГДС необхідно враховувати руслові процеси, що визначаються формою рельєфу. Після руйнування Каховської ГЕС відбулися зміни гідрологічного режиму р. Дніпро, який ще потребує додаткового дослідження і, таким чином, визначення нових нормативів ГДС на сьогодні є складною задачею (дод. В, рис. В.1).

Серед технічних засобів захисту водного середовища від забруднення, засмічення і виснаження можна виділити такі основні:

– заходи боротьби із розлитою нафтою за допомогою механічних та біологічних методів усування нафти. У природних умовах фізичні процеси забезпечують перенесення (дрейф) нафти, а хімічні та біологічні – її руйнування;

– очистка господарсько-побутових та виробничих стічних вод із застосуванням механічних, хімічних, фізико-хімічних, біохімічних, термічних та комбінованих методів. Найбільш ефективною є очистка стічних вод до нормативів, які існують для води в системах оборотного водопостачання, коли певний об'єм води багаторазово циркулює у виробництві, а скидання стічних вод мінімальне або не відбувається зовсім [22].

Найбільш перспективними заходами щодо пом’якшення негативних наслідків зміни гідрологічного режиму р. Дніпро є меліоративні. Після обмеління р.Дніпро відкрилися на поверхні донні відкладення, які десятиріччами накопичували в своєму об’ємі забруднювачі (дод. В, рис. В.2 а).

Нами досліджена можливість проростання насіння напівчагарникових рослин (квіти Петунія, **Petunia**) на донних відкладеннях в районі Центрального пляжу, Вознесенівський район м. Запоріжжя (дод. В, рис. В.2 б). Самі такі заходи

зменшать процес повторного забруднення довкілля токсичними речовинами, що накопичилися на дні р. Дніпро та пом'якшать негативний вплив руйнування Каховської ГЕС.

Для поліпшення стану поверхневих вод також можуть застосовуватись технічні рішення. Одним із параметрів, який перевищує норму, є наявність фосфатів. Джерелами забруднення води фосфатами є автомийки і комунальні підприємства.

Технологічні процеси очищення стічних вод від неорганічних забруднень часто ускладнюються фактом наявності у стічних водах кількох речовин, які можуть ускладнювати процес адсорбційного очищення води. Часто саме такі причини визначають необхідність застосовувати модифіковані сорбенти. Сьогодні фосфати є чи не найнебезпечнішим компонентом, що спричиняють погіршення якості природних вод. Враховуючи те, що адсорбційні технології уможливлюють вилучати навіть слідові концентрації забруднень, важливим є підбір селективного сорбенту для поглинання фосфат-іона. Природні цеоліти, зокрема клиноптилоліт різних родовищ, добре зарекомендували себе як іонообмінні матеріали та сорбенти для очищення природних і стічних вод. Для поставленого завдання можна застосувати відпрацьовані сорбенти, використані під час очищення стоків гальванічних підприємств.

Стадію очищення побутових стічних вод та близьких за хімічним складом промислових вод від фосфатів доцільно впроваджувати після очищення стічних вод від грубо- та дрібнодисперсних частинок.

Для вилучення фосфат-іона доволі ефективними є цеоліти, проте встановлено, що поглинання фосфатів відбувається за механізмом хемосорбції після співосадження вивільнених за рахунок іонного обміну катіона фосфатної солі на обмінні катіони цеоліту – Ca^{2+} та Mg^{2+}, за схемою:

$$Cl(Na^+)_n + nMe^{2+} \rightarrow Cl(Me^{2+})_n^+ + (Na^+), \quad (4.1)$$

$$Cl(Me^{2+})_n^+ + nH_2PO_4^- \rightarrow Cl(MeH_2PO_4)_n. \quad (4.2)$$

Отже, утворення нерозчинних солей фосфатної кислоти забезпечує ефективне виділення фосфат-іона.

Для зниження концентрації фосфатів до ГДК = 4 мг/л вода самопливом поступає в адсорбер, завантажений клиноптилолітом. Як завантаження застосовується модифікований цеоліт. Модифікацію здійснюють перед технологічним процесом очищення купрум сульфатом. У нашому випадку пропонується застосовувати відпрацьований сорбент після очищеня води від іонів важких металів, наприклад, стічних вод гальванічних цехів. Розмір фракції роздробленого цеоліту повинен становити від 1 мм до 2 мм. Швидкість фільтрування – 5 $м^3$/год; висота шару завантаження – 1,5 м. Тривалість роботи фільтрів до виведення на регенерацію – дорівнює 5, 7 діб. Фільтрація здійснюється зверху вниз [22].

Сучасними технологіями видалення фосфору зі комунальних стічних вод також є поєднання відстоювання із застосуванням наступних методів:

– хімічні (вплив на стоки розчинними солями ортофосфату натрію, в результаті утворюється дрібнодисперсний безводний осад. Він коагулюється великими пластівцями осаду утвореного при взаємодії реагенту з лугами);

– фізико-хімічні (очищення магнітним полем, електрокоагуляція, кристалізація);

– біологічні методи передбачають модифікацію біомаси шляхом включення фосфору в клітинну речовину та використання її для анаеробної очистки води [23].

Очищення стічних вод автомийок відіграє важливу роль, оскільки на таких об’єктах використовуються різноманітні хімічні засоби, які не можна зливати до загальної системи каналізації без очистки.

Зазвичай очищення стоків автомийки відбувається в кілька етапів за допомогою системи фільтрів. В першу чергу видаляються крупні частки та сміття. Далі необхідно нейтралізувати ряд хімічних речовин, які не можна зливати до каналізації.

Очищена вода не має запаху, кольору та маслянистої плівки, яка характерна після миття автомобілів та потрапляння до води палива та мастила.

Систему очищення стоків автомийок можна обладнати у існуючих приміщеннях. В деяких випадках облаштовується нове приміщення. Там встановлюють систему насосів, контейнерів для води, фільтрів, тощо. Очищення стічних вод для автомийки дозволяє використовувати воду повторно для технічних потреб [24].

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ЛАБОРАТОРІЯХ

5.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було здійснено серію експериментальних досліджень у хімічній лабораторії загальною площею 32,5 м² та висотою 3,4 м. У цьому приміщенні працюють троє лаборантів, що відповідає встановленим нормативам щодо площі та об’єму на одного працівника. Лабораторія обладнана витяжною та сушильною шафами, а також електричним pH-метром. Для проведення дослідів на складах зберігаються необхідні реактиви.

Серед потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників у лабораторії виділяються вплив аерозолів і розчинів кислот та лугів (HCl, NaOH, H_2SO_4), ризик ураження електричним струмом, можливість механічних травм, а також опіків, які можуть трапитися через випадковий контакт із гарячою сушильною шафою, де температура під час сушіння проб становить від 105 до 110 °C. Окрім цього, існує ризик пожежі внаслідок контакту розігрітої поверхні сушильної шафи з легкозаймистими речовинами, зокрема зі спиртом. У таблиці 5.1 наведені умови праці лаборантів, що характеризують виробниче середовище лабораторії.

Таблиця 5.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу лаборанта в лабораторії

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	Час дії фактора, %
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки II клас небезпеки Аерозолі гідроокису натрія III-IV клас небезпеки Соляна кислота, мг/м^3	 0,5 5	 0,1 1,1	 45 45
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	-		
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ	-		

4	Шум, дБА	65	50	75
5	Інфразвук, дБ	-		
6	Ультразвук, дБ	-		
7	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м - діапазон промислової частоти, кВ/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м^2	 - - -		
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, $^{\circ}$C - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	 21 – 25 <0,2 <75 100	 22 0,1 50 80	 100 100 100 75
9	Важкість і напруженість праці	Категорія важкості праці - легка, категорія напруженості праці - мало напружена		

Постійний контакт з лугами негативно позначається на стані шкіри рук: з’являються виразки, що згодом можуть перерости в рубці, підвищується пітливість, виникають вузликові дерматити. При попаданні гарячих лужних розчинів на шкіру відбувається набухання і розм’якшення рогового шару з подальшим його відшаруванням, що робить шкіру більш схильною до екзем. Нігті втрачають блиск, стають ламкими та можуть відшаровуватися від нігтьового ложа.

Соляна кислота в концентрації від 24 % до 38 % є високотоксичною речовиною. При взаємодії концентрованих розчинів HCI з повітрям утворюються пари, які подразнюють очі і дихальні органи. Хронічне вдихання цих парів негативно впливає на дихальні шляхи, зуби, слизову носоглотки та органи травлення. Контакт кислоти з шкірою викликає хімічні опіки, а смертельною дозою при випадковому проковтуванні вважається об’єм від 15 до 20 мл.

За умови дотримання правил безпеки в лабораторії виробничі фактори вважаються нешкідливими і не призводять до підвищення захворюваності чи появи перших симптомів професійних хвороб із втратою працездатності.

5.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія

Оскільки хімічний посуд виготовлений із тонкого скла, його не слід сильно стискати пальцями, а для миття рекомендується користуватися скляною паличкою з гумовою трубкою. Для розведення кислоти додають воду. При переливанні соляної кислоти обов'язково слід використовувати респіратор або закривати ніс і рот рушником, змоченим лужним розчином.

На кожному реактиві повинні бути зазначені його назва, концентрація та вміст. Реактиви зберігають у відповідній тарі. На робочих місцях мають бути встановлені раковини-гідранти та спеціальні фонтанчики для промивання у разі хімічних опіків кислотами або лугами. Промивання слід проводити не менше 15 хвилин, після чого опік нейтралізується розчином кислоти або лугу.

Відпрацьовані рідини збирають у глиняні ємності об'ємом від 10 до 15 літрів, а сміття викидають у спеціальні корзини. Приміщення лабораторій, де працюють з токсичними та агресивними речовинами, мають бути виконані з матеріалів, які запобігають адсорбції парів і дозволяють легко очищати поверхні.

Робочі столи повинні бути стійкими до потрапляння хімічних розчинів. Стандартна ширина робочої поверхні становить 76 см. Вентиляційна система повинна забезпечувати повітрообмін від 4 до 15 об'ємів повітря на годину залежно від токсичності речовин.

У лабораторіях, де працюють з шкідливими та легколетючими речовинами, обов'язковим є наявність витяжних шаф, обладнаних усіма необхідними комунікаціями. Для підтримки комфортного мікроклімату в холодну пору застосовується водяне опалення, а в теплу – кондиціонування повітря.

Нормативні параметри мікроклімату наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Оптимальні і припустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні

Період року		Температура, °С		Відносна вологість, %	Швидкість Руху повітря, м/с
		Опти-мальна	Допустима		
			На постійних робочих місцях		

	Категорія робіт		верхня	нижня	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
Холодний	Легка 1а	22 – 24	25	21	40 – 60	75	0,1	не більше 0,1
Теплий	Легка 1а	23 – 25	28	22	40 – 60	55 (при 28˚С)	0,1	0,1 – 0,2

У лабораторіях застосовується природне і штучне освітлення. Норми освітлення робочих поверхонь згідно СНиП II-4-79 для загальних систем освітлення повинні становити 300 лк.

У лабораторії має бути медична аптечка та респіратори.

5.3 Електробезпека

Згідно з вимогами ПБЕ, лабораторне приміщення належить до зони підвищеного ризику ураження електричним струмом через наявність хімічно активних речовин. До електричних приладів, що піддаються впливу струму, належать металева сушильна шафа, витяжна шафа та електронні ваги.

Електромережа лабораторії повинна бути трипровідною із обов’язковим заземленням, з напругою 220 В і частотою 50 Гц.

Для дотримання правил електробезпеки всі пристрої під напругою мають бути заземлені, а також використовуватися гумові килимки та теплоізоляційні підставки. Біля обладнання має бути інструкція з коротким описом експлуатації. Прилади повинні підтримуватися в справному стані; у разі несправності необхідно негайно відключити їх від мережі та повідомити адміністрацію.

Працівники мають бути ознайомлені з нормами техніки безпеки.

5.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Будівля, у якій розміщена хімічна лабораторія, за показниками вибухонебезпеки та пожежної безпеки належить до категорії Д. Клас вогнестійкості споруди визначається як третій (III).

Пожежі в лабораторії можуть виникнути через порушення правил електробезпеки, удар блискавки, загоряння, викликане зовнішніми факторами, або недотримання вимог пожежної безпеки.

Для ліквідації пожеж застосовують вуглекислотний вогнегасник ВВ-2 та ручний пожежний інвентар.

У разі загоряння працюють автоматична пожежна сигналізація (АДС) і система автоматичного пожежогасіння.

Щоб уникнути пожежі, необхідно регулярно ремонтувати електроприлади, усувати несправності, не користуватися пошкодженим обладнанням, а також проходити протипожежний інструктаж.

Для запобігання пожежам забороняється:

– курити у виробничих приміщеннях;

– зберігати легкозаймисті матеріали біля опалювальних приладів, електрообладнання або відкритого вогню;

– неналежно зберігати легкозаймисті, вибухові чи вогненебезпечні речовини;

– нагрівати легкозаймисті речовини;

– залишати без нагляду ввімкнені електроприлади, освітлення або газові пальники;

– проводити прибирання пролитих легкозаймистих рідин поблизу відкритого вогню чи увімкнених приладів;

– вмикати електроприлади або запалювати вогонь у разі запаху газу;

– заважати або перекривати електропроводку.

Евакуація персоналу здійснюється за заздалегідь визначеними маршрутами. Схеми евакуації мають бути розміщені у видимих місцях.

ВИСНОВКИ

В результаті теоретичного та експериментального дослідження вод р. Дніпро в межах м. Запоріжжя були зроблені наступні висновки та надані такі рекомендації:

1. Встановлено перевищення в воді р. Дніпро у верхньому б'єфі Дніпровської ГЕС за водневим показником.

2. Встановлено перевищення в воді р. Дніпро у нижньому б'єфі Дніпровської ГЕС норм вмісту загального заліза, нікелю, ортофосфатів, сухого залишку.

3. Визначено, що найбільше забруднення мають води нижнього б'єфа річки.

4. Встановлено, що за об'єднаною екологічною оцінкою якість поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя весною 2023 року відноситься до третьої категорії, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

5. Встановлено, що за об'єднаною екологічною оцінкою якість поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя влітку 2023 року відноситься до другої категорії, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – дуже добрі, ступінь чистоти за категорією – чисті.

6. Встановлено, що за об'єднаною екологічною оцінкою якість поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя в листопаді 2023 року відноситься до третьої категорії, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

7. Встановлено, що за об'єднаною екологічною оцінкою якість поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя весною 2024 року відноситься до третьої категорії, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

8. Встановлено, що за об’єднаною екологічною оцінкою якість поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя влітку 2024 року відноситься до третьої категорії, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

9. Встановлено, що за об’єднаною екологічною оцінкою якість поверхневих вод в середньому по р. Дніпро в межах м. Запоріжжя восени 2024 року відноситься до третьої категорії, за класом якості вода відноситься до другого, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

10. За весну і літо 2023 року якість води за сольовим складом і трофо-сапробіологічними однакова, за специфічними показниками і об’єднаною оцінкою відрізняється, але не суттєво. Влітку у верхньому б’єфі якість води вища, у порівнянні з весною.

11. За результатами експериментальних досліджень протягом листопада 2023 року встановлено, що у районі Центрального пляжу зафіксована найбільша кількість перевищених показників допустимої концентрації забруднюючих речовин (заліза загального, нікелю, сухого залишку).

12. Під час визначення об’єднаної оцінки якості води встановлено, що результати за весну і літо 2024 року однакові, а саме: категорія якості води – третя, клас якості – другий, стан поверхневих вод за класом – добрі, ступінь чистоти за класом – чисті, стан за категорією – добрі, ступінь чистоти за категорією – досить чисті.

13. Протягом літа-осені 2024 року зафіксовано коливання якості вод. За сольовим складом восени води більш чисті, проте за специфічними показниками токсичної дії восени води більш забруднені. Але за об’єднаною екологічною оцінкою якість і стан поверхневих вод однаковий.

14. Якість вод верхнього б’єфу за показниками сольового складу краще навесні 2023 року, за специфічними показниками токсичної дії якість вища навесні

2024 року. За трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями і за об’єднаною оцінкою якість вод однакова.

15. За трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями та за специфічними показниками токсичної дії якість води протягом літа 2023 року і літа 2024 року однакова. За сольовим складом і за об’єднаною екологічною оцінкою якість вод краща влітку 2023 року.

16. У верхньому б’єфі у листопаді 2023 року вода більш забруднена ніж восени 2024 року, проте за специфічними показниками токсичної дії якість води у листопаді 2023 року більш висока. За трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями та в цілому за об’єднаною екологічною оцінкою якість вод однакова.

17Визначено ефективність та експериментально доведено можливість використання меліоративних заходів для зменшення негативних впливів змін гідрологічного режиму річки Дніпро.

18. В якості технічних рішень для зменшення концентрації фосфатів у стічних водах комунальних підприємств запропоновано використовувати сорбент для поглинання фосфат-іонів і застосовувати фізичні, фізико-хімічні, біологічні методи очищення у процесі відстоювання. На автомийках рекомендується обладнати приміщення для очистки забрудненої води за допомогою системи фільтрів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. URL: https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAkp6tBhB5EiwANTCx1NfMMKuL4W8pc_MA3nIjwYH9zAxo5X0KWyJEqLJ5RBl-65-fVxAW_hoC0eQQAvD_BwE (дата звернення: 01.12.2023).

2. Природа та війна: як російська агресія вплинула на довкілля. URL: https://www.slovoidilo.ua/2022/11/08/infografika/suspilstvo/pryroda-ta-vijna-yak-rosijska-ahresiya-vplynula-dovkillya (дата звернення: 01.12.2023).

3. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. URL: https://ecoaction.org.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-poperedni-vysnovky.html?gad_ source =1&gclid=CjwKCAiAkp6tBhB5EiwANTCx1JJjpkqYtH4aQvyPjXKEAkmGxG0vNErQ3qfCOCOpqLS-ej3DC6wiSxoC3K8QAvD_BwE (дата звернення: 01.12.2023).

4. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Київ : «СИМВОЛ-Т», 1998. 28 с.

5. Водний кодекс України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 01.12.2023).

6. Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text (дата звернення: 01.12.2023).

7. Небезпека на дні. URL: https://vidnova.info/nebezpeka-na-dni.html (дата звернення: 01.12.2023).

8. Свиридов Ю.В. Комплексна оцінка та прогнозування якості води української частини річки Дунай з використанням геоінформаційної технології. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/Aspirantura/ Sviridov_ dissertation. pdf (дата звернення: 01.12.2023).

9. Вплив амонію (аміаку) у воді на організм людини. URL: https://ziko.com.ua/all-article-amiak-amoniy-v-pytniy-vodi/ (дата звернення: 01.12.2023).

10. Дудник С. В. Водна токсикологія. Частина 1. Загальні основи водної токсикології : методичний посібник для самостійної роботи студентів заочної форми навчання для бакалаврів за напрямом підготовки 6.090201 – «Водні біоресурси та аквакультура». Київ : Український фітосоціологічний центр. 2014, 180 с.

11. Гідрохімічний статус пост-мілітарних водних екосистем с. МОЩУН, Київської області. URL: https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/ 8176/53. pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата звернення: 05.12.2023).

12. Rooney, N.; Kalff, J.; Habel, C. The role of submerged macrophyte beds in phosphorus and sediment accumulation in Lake Memphremagog, Quebec, Canada. Limnology and Oceanography 2003, 48 (5), pp 1927-1937.

13. Екологічна оцінка стану поверхневих вод р. Соб в межах Гайсинського ОТГ. URL: http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/33280.pdf (дата звернення: 05.12.2023).

14. Про що говорять показники води? URL: https://ecosoft.ua/ua/blog/populyarno-o-kachestve-vody/ (дата звернення: 05.12.2023).

15. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Д 81 Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія. Київ : Український фітосоціологічний центр, 2013. 297 с.

16. Ризики споживання води з підвищеним вмістом фтору. URL: http://dspace.pnpu.edu.ua/bitstream/123456789/17597/1/12.pdf (дата звернення: 05.12.2023).

17. Якість стічних вод. URL: http://surl.li/pmxqk (дата звернення: 05.12.2023).

18. Консультації. Що таке коефіцієнт переведення $БСК_5$ в $БСК_{пов}$. URL: https://ecolog-ua.com/consultation/shcho-take-koeficiyent-perevedennya-bsk5-v-bskpov-yakyy-dorivnyuye-133-chy-ye-u-nas-ye (дата звернення: 05.12.2023).

19. Значення вмісту розчиненого у воді кисню. URL: https://rv.darg.gov.ua/_znachennja_vmistu_0_0_0_728_1.html (дата звернення: 09.12.2023).

20. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології : підручник / за редакцією Ситника К.М. Київ : Вища школа, 2003. 358 с.

21. Методичні вказівки до виконання практичних занять «Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями» з навчальної дисципліни «Основи басейнового управління водогосподарськими системами» студентами за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» денної та заочної форми навчання / А.В.Яцик, І.В. Гопчак, Рівне: НУВГП, 2012, 26 с.

22. Технологічна схема очищення стічних вод від фосфатів модифікованими цеолітами типу z-cu^{2+}. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4107/sidorchuk.pdf (дата звернення: 10.05.2025).

23. Фосфати в воді. URL: https://ecosoft.ua/ua/blog/fosfaty-v-vode/ (дата звернення: 10.05.2025).

24. Для автомийок. URL: https://onss.com.ua/ochystka-stichnyh-vod/dlya-avtomyjok/ (дата звернення: 10.05.2025).

ДОДАТОК А

Місця забору проб води



а)



б)



в)

а – проба № 1, район міського Правобережного пляжу (Дніпровський район); б – проба № 2, район Центрального пляжу (Вознесенівський район); в – проба № 3, біля готелю «Reikartz Запоріжжя» (між Центральним і Вознесенівським пляжем, Вознесенівський район)

Рисунок А.1 – Місця забору проб води

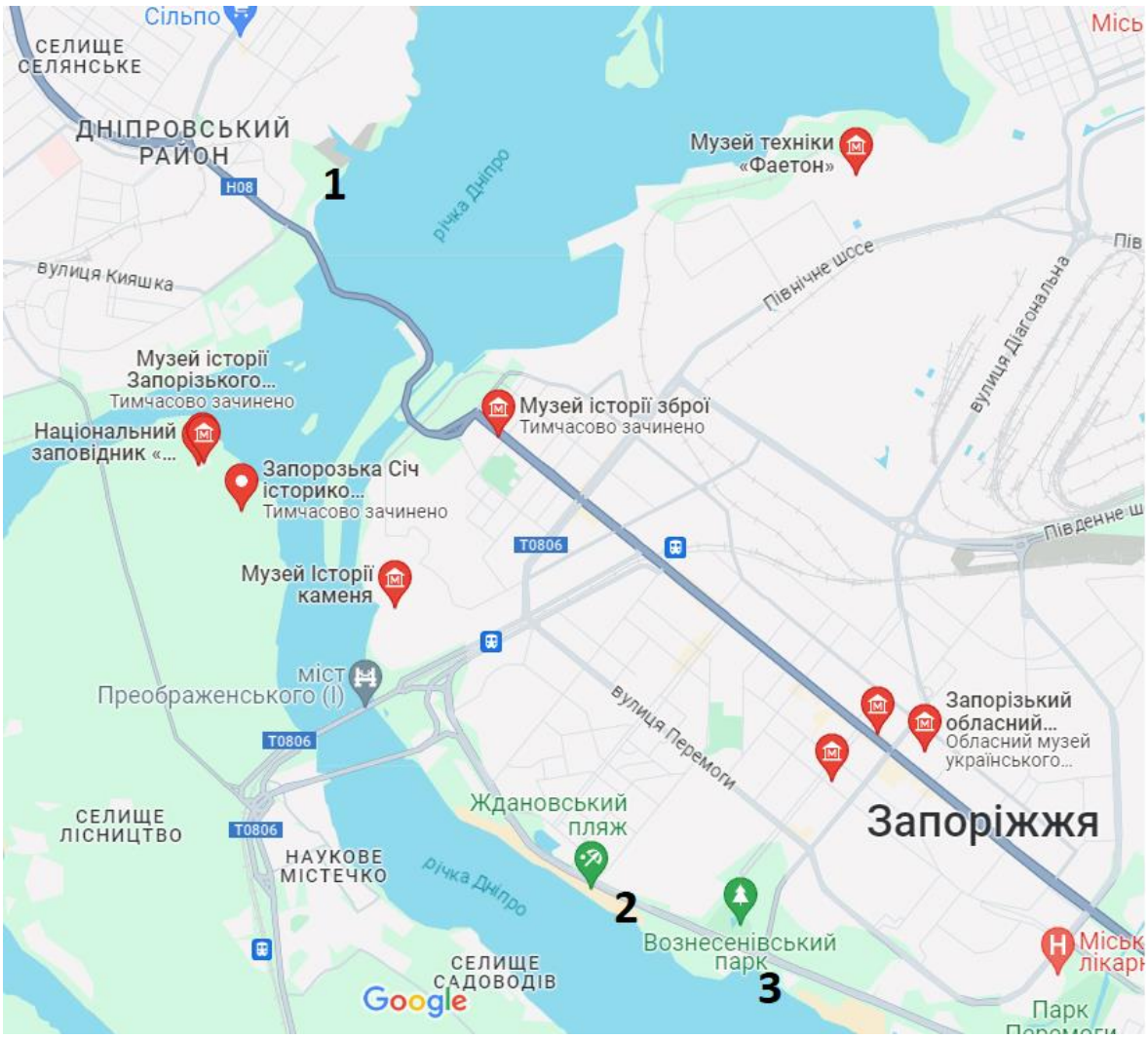


Рисунок А.2 – Карта-схема розташування місць відбору проб

ДОДАТОК Б

Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро

Таблиця Б.1 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро у верхньому б’єфі за показниками сольового складу в пунктах спостережень, весна 2023 р.

№ пунктів	Пункт спостереження	Показники якості води, мг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за критеріями										
		сума іонів		хлориди		сульфати		мінералізації		іонного складу	забруднення компонентами сольового складу (I_1)							
											Підсумкові розрахунки				I_1			
		величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	клас	Категорія	Клас	n_i	$\sum$	$\bar{x}$	I_1	категорія	субкатегорія	Клас якості	
1	Проба № 1 (березень)	68,5	1	32,8	3	35,7	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I	
2	Проба № 1 (квітень)	71,5	1	33,8	3	37,7	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I	
3	Проба № 1 (травень)	72,3	1	35,3	3	37,0	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I	
В середньому по р. Дніпро		70,8	1	34,0	3	36,8	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I	

Таблиця Б.2 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками в пунктах спостережень, весна 2023 р.

№	Пункт спостереження	Найгірші і середні значення трофо-сапробіологічних показників якості вод, мг/дм^3								Екологічна оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2)						
		pH (одиниць)		азот амонійний		азот нітритний		азот нітратний		підсумкові розрахунки			значення індексу (I_2)	категорія	субкатегорія	клас якості
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$				
1	Проба № 1 (березень)	8,6	6	0,25	3	0,0024	2	0,07	1	4	12	3,0	3,0	3	3	II
2	Проба № 1 (квітень)	8,0	3	0,29	3	0,0031	2	0,34	3	4	11	2,75	2,8	3	3(2)	II
3	Проба № 1 (травень)	7,5	1	0,3	3	0,002	2	0,75	5	4	11	2,75	2,8	3	3(2)	II
В середньому по р. Дніпро		8,0	3	0,28	3	0,0025	2	0,39	3	4	11	2,75	2,8	3	3(2)	II

Таблиця Б.3 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за специфічними показниками в пунктах спостережень, весна 2023 р.

№ пункту	Пункт спостере-ження	Найгірші і середні значення специфічних показників якості води, мкг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії (I_3)						
		залізо (загальне)		нікель		фториди		Підсумкові розрахунки				I_3		клас якості води
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$	I_3	кат.	субкат.	
1	Проба № 1 (березень)	210	4	6	3	210	5	3	12	4,0	4,0	4	4	III
2	Проба № 1 (квітень)	190	4	6	3	140	3	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
3	Проба № 1 (травень)	250	4	6	3	160	4	3	11	3,67	3,7	4	4(3)	III
В середньому по р. Дніпро		217	4	6	3	170	4	3	11	3,67	3,7	4	4(3)	III

Таблиця Б.4 – Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро по блоковим індексам (I_1, I_2, I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E), весна 2023 р.

№ пункту	Пункт спостереження	Значення індексів										
		I_1	I_2	I_3	I_E	Категорія	Субкатегорія	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
1	Проба № 1 (березень)	1,3	3,0	4,0	2,8	3	3(2)	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
2	Проба № 1 (квітень)	1,3	2,8	3,3	2,5	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
3	Проба № 1 (травень)	1,3	2,8	3,7	2,6	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
В середньому по р. Дніпро		1,3	2,8	3,7	2,6	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті

Таблиця Б.5 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро у верхньому б’єфі за показниками сольового складу в пунктах спостережень, літо 2023 р.

№ пунктів	Пункт спостереження	Показники якості води, мг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за критеріями										
		сума іонів		хлориди		сульфати		мінералізації		іонного складу	забруднення компонентами сольового складу (I_l)							
											Підсумкові розрахунки				I_l			
		величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	клас	Категорія	Клас	n_i	$\sum$	$\bar{x}$	I_l	категорія	субкатегорія	Клас якості
1	Проба № 1 (черв.)	77,1	1	34,5	3	42,6	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1	I
2	Проба № 1 (лип.)	81,6	1	35,5	3	46,1	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1	I
3	Проба № 1 (серп.)	76,8	1	34,0	3	42,8	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1	I
В середньому по р. Дніпро		78,5	1	34,7	3	43,8	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1	I

Таблиця Б.6 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками в пунктах спостережень, літо 2023 р.

№	Пункт спостереження	Найгірші і середні значення трофо-сапробіологічних показників якості вод, мг/дм^3								Екологічна оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2)						
		pH (одиниць)		азот амонійний		азот нітритний		азот нітратний		підсумкові розрахунки			значення індексу ($\bar{I_2}$)	категорія	субкатегорія	клас якості
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$				
1	Проба № 1 (черв.)	7,3	1	0,39	4	0,0009	1	0,29	2	4	8	2,0	2,0	2	2	II
2	Проба № 1 (лип.)	7,2	1	0,42	4	0,0009	1	0,35	3	4	9	2,25	2,3	2	2(3)	II
3	Проба № 1 (серп.)	7,1	1	0,40	4	0,0079	3	0,54	4	4	12	3,0	3,0	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		7,2	1	0,40	4	0,0032	2	0,39	3	4	10	2,5	2,5	3	2-3	II

Таблиця Б.7 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за специфічними показниками в пунктах спостережень, літо 2023 р.

№ пункту	Пункт спостере-ження	Найгірші і середні значення специфічних показників якості води, мкг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії (I_3)						
		залізо (загальне)		нікель		фториди		Підсумкові розрахунки				I_3		клас якості води
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$	I_3	кат.	субкат.	
1	Проба № 1 (черв.)	210,0	4	10,0	3	180,0	4	3	11	3,67	3,7	4	4(3)	III
2	Проба № 1 (лип.)	180,0	4	10,0	3	100,0	2	3	9	3,0	3,0	3	3	II
3	Проба № 1 (серп.)	210,0	4	10,0	3	120,0	2	3	9	3,0	3,0	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		200,0	4	10,0	3	133,3	3	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II

Таблиця Б.8 – Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро по блоковим індексам (I_1, I_2, I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E), літо 2023 р.

№ пункту	Пункт спостереження	Значення індексів										
		I_1	I_2	I_3	I_E	Категорія	Субкатегорія	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
1	Проба № 1 (черв.)	1,3	2,0	3,7	2,3	2	2(3)	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
2	Проба № 1 (лип.)	1,3	2,3	3,0	2,2	2	2	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
3	Проба № 1 (серп.)	1,3	3,0	3,0	2,4	2	2(3)	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
В середньому по р. Дніпро		1,3	2,5	3,3	2,4	2	2(3)	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті

Таблиця Б.9 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за показниками сольового складу в пунктах спостережень, листопад 2023 р.

№ пунктів	Пункт спостереження	Показники якості води, мг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за критеріями										
		сума іонів		хлориди		сульфати		мінералізації		іонного складу	забруднення компонентами сольового складу (I_1)							
											Підсумкові розрахунки				I_1			Клас якості
		величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	клас	Категорія	Клас	n_i	$\sum$	$\bar{x}$	I_1	категорія	субкатегорія		
1	Верхній б’єф. Проба № 1	188,42	1	44,32	3	144,1	4	I	Гіпогалинні – 1	Сульфатний (S)	4	9	2,25	2,3	2	2(3)		II
2	Нижній б’єф проба № 2	536,94	1	116,68	1	420,26	2	II	β-мезо-галинні-3	Сульфатний (S)	4	7	1,75	1,8	2	2(1)		II
3	Нижній б’єф проба № 3	92,63	1	26,59	2	66,04	2	I	Гіпогалинні – 1	Сульфатний (S)	4	6	1,5	1,5	2	1-2		II
В середньому по р. Дніпро		272,66	1	62,53	2	210,13	3	I	Оліго-галинні – 2	Сульфатний (S)	4	7	1,75	1,8	2	2(1)		II

Таблиця Б.10 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками в пунктах спостережень, листопад 2023 р.

№	Пункт спостереження	Найгірші і середні значення трофо-сапробіологічних показників якості вод, мг/дм^3										Екологічна оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2)						
		pH (одиниць)		азот амонійний		азот нітритний		азот нітратний		фосфор фосфатів		підсумкові розрахунки			значення індексу	категорія	субкатегорія	клас якості
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$				
1	Верхній б’єф, проба №1	8,5	5	0,161	2	0,009	3	0,057	1	0,108	5	5	16	3,2	3,2	3	3	II
2	Нижній б’єф проба №2	7,5	1	0,078	1	0,049	5	8,296	7	0,047	3	5	17	3,4	3,4	3	3(4)	II
3	Нижній б’єф проба №3	6,8	2	0,24	3	0,013	4	0,366	3	0,071	4	5	16	3,2	3,2	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		7,6	3	0,159	2	0,024	4	2,91	4	0,075	4	5	17	3,4	3,4	3	3(4)	II

Таблиця Б.11 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за специфічними показниками в пунктах спостережень, листопад 2023 р.

№ пункту	Пункт спостере-ження	Найгірші і середні значення специфічних показників якості води, мкг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії (I_3)						
		залізо (загальне)		нікель		фториди		підсумкові розрахунки				I_3		клас якості води
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$	I_3	кат.	субкат.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Верхній б’єф, проба № 1	127	4	31	5	< 100	1	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
2	Нижній б’єф, проба №2	2538	7	109	7	600	6	3	20	6,67	6,7	7	7(6)	V
3	Нижній б’єф, проба №3	240	4	20	4	300	5	3	13	4,33	4,3	4	4(5)	III
В середньому по р. Дніпро		968,3	5	53,3	5	333,3	5	3	14	4,67	4,7	5	5(4)	III

Таблиця Б.12 – Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро по блоковим індексам (I_1, I_2, I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E), листопад 2023 р.

№ пункту	Пункт спостереження	Значення індексів									
		I_1	I_2	I_3	I_E	Категорія	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Верхній б’єф, проба № 1	2,3	3,2	3,3	2,9	3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
2	Нижній б’єф, проба №2	1,8	3,4	6,7	4,0	4	III	Задовільні	Забруднені	Задовільні	Слабко-забруднені
3	Нижній б’єф, проба №3	1,5	3,2	4,3	3,0	3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
В середньому по р. Дніпро		1,8	3,4	4,7	3,3	3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті

Таблиця Б.13 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро у верхньому б’єфі за показниками сольового складу в пунктах спостережень, весна 2024 р.

№ пунктів	Пункт спостереження	Показники якості води, мг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за критеріями										
		сума іонів		хлориди		сульфати		мінералізації		іонного складу	забруднення компонентами сольового складу (I_l)							
											Підсумкові розрахунки				I_l			
		величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	клас	Категорія	Клас	n_i	$\sum$	$\bar{x}$	I_l	категорія	субкатегорія	Клас якості	
1	Проба № 1 (березень)	153,01	1	54,95	3	98,06	3	I	Гіпогалинні – 1	Сульфатний (S)	4	7	1,75	1,8	2	2(1)	II	
2	Проба № 1 (квітень)	97,90	1	39,00	3	58,90	2	I	Гіпогалинні – 1	Сульфатний (S)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II	
3	Проба № 1 (травень)	96,50	1	36,50	3	60,00	2	I	Гіпогалинні – 1	Сульфатний (S)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II	
В середньому по р. Дніпро		115,80	1	43,48	3	72,32	2	I	Гіпогалинні – 1	Сульфатний (S)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II	

Таблиця Б.14 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками в пунктах спостережень, весна 2024 р.

№	Пункт спостереження	Найгірші і середні значення трофо-сапробіологічних показників якості вод, мг/дм^3								Екологічна оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2)						
		pH (одиниць)		азот амонійний		азот нітритний		азот нітратний		підсумкові розрахунки			значення індексу (I_2)	категорія	субкатегорія	клас якості
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$				
1	Проба № 1 (березень)	8,6	6	0,35	4	0,035	5	2,14	6	4	21	5,25	5,3	5	5(6)	III
2	Проба № 1 (квітень)	7,9	2	0,38	4	0,0015	1	0,26	2	4	9	2,25	2,3	2	2(3)	II
3	Проба № 1 (травень)	7,8	2	0,41	4	0,0003	1	0,12	1	4	8	2,00	2,0	2	2	II
В середньому по р. Дніпро		8,1	3,33	0,38	4	0,012	2,33	0,84	3	4	12,7	3,16	3,2	3	3	II

Таблиця Б.15 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за специфічними показниками в пунктах спостережень, весна 2024 р.

№ пункту	Пункт спостере-ження	Найгірші і середні значення специфічних показників якості води, мкг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії (I_3)						
		залізо (загальне)		нікель		фториди		Підсумкові розрахунки				I_3		клас якості води
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$	I_3	кат.	субкат.	
1	Проба № 1 (березень)	61	2	<10	3	288	5	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
2	Проба № 1 (квітень)	280	4	<10	3	120	2	3	9	3,00	3,0	3	3	II
3	Проба № 1 (травень)	250	4	<10	3	120	2	3	9	3,00	3,0	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		197	3,33	<10	3	176	3	3	9,3	3,11	3,1	3	3	II

Таблиця Б.16 – Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро по блоковим індексам (I_1, I_2, I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E), весна 2024 р.

№ пункту	Пункт спостереження	Значення індексів										
		I_1	I_2	I_3	I_E	Категорія	Субкатегорія	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
1	Проба № 1 (березень)	1,8	5,3	3,3	3,5	4	3-4	III	Задовільні	Забруднені	Задовільні	Слабко-забруднені
2	Проба № 1 (квітень)	1,5	2,3	3,0	2,3	2	2(3)	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
3	Проба № 1 (травень)	1,5	2,0	3,0	2,2	2	2	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
В середньому по р. Дніпро		1,5	3,2	3,1	2,7	3	3(2)	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті

Таблиця Б.17 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро у верхньому б’єфі за показниками сольового складу в пунктах спостережень, літо 2024 р.

№ пунктів	Пункт спостереження	Показники якості води, мг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за критеріями										
		сума іонів		хлориди		сульфати		мінералізації		іонного складу	забруднення компонентами сольового складу (I_1)							
											Підсумкові розрахунки				I_1			
		величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	клас	Категорія	Клас	n_i	$\sum$	$\bar{x}$	I_1	категорія	субкатегорія	Клас якості
1	Проба № 1 (черв.)	73,3	1	34,0	3	39,3	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II
2	Проба № 1 (лип.)	64,3	1	31,5	3	32,8	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II
3	Проба № 1 (серп.)	61,0	1	32,5	3	28,5	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II
В середньому по р. Дніпро		82,5	1	49,0	3	33,5	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II

Таблиця Б.18 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками в пунктах спостережень, літо 2024 р.

№	Пункт спостереження	Найгірші і середні значення трофо-сапробіологічних показників якості вод, мг/дм^3								Екологічна оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2)						
		pH (одиниць)		азот амонійний		азот нітритний		азот нітратний		підсумкові розрахунки			значення індексу (I_2)	категорія	субкатегорія	клас якості
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$				
1	Проба № 1 (черв.)	7,3	1	0,39	4	0,0021	2	0,142	1	4	8	2,00	2,0	2	2	II
2	Проба № 1 (лип.)	7,2	1	0,42	4	0,0009	1	0,380	3	4	9	2,25	2,3	2	2(3)	II
3	Проба № 1 (серп.)	7,4	1	0,12	2	0,062	6	0,396	3	4	12	3,00	3,0	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		7,3	1	0,31	4	0,033	5	0,459	3	4	13	3,25	3,3	3	3(4)	II

Таблиця Б.19 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за специфічними показниками в пунктах спостережень, літо 2024 р.

№ пункту	Пункт спостере-ження	Найгірші і середні значення специфічних показників якості води, мкг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії (I_3)						
		залізо (загальне)		нікель		фториди		Підсумкові розрахунки				I_3		клас якості води
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$	I_3	кат.	субкат.	
1	Проба № 1 (черв.)	260,0	4	10	3	160,0	4	3	11	3,67	3,7	4	4(3)	III
2	Проба № 1 (лип.)	270,0	4	10	3	140,0	3	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
3	Проба № 1 (серп.)	170,0	4	10	3	120,0	2	3	9	3,00	3,0	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		233,3	4	10	3	140,0	3	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II

Таблиця Б.20 – Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро по блоковим індексам (I_1, I_2, I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E), літо 2024 р.

№ пункту	Пункт спостереження	Значення індексів										
		I_1	I_2	I_3	I_E	Категорія	Субкатегорія	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
1	Проба № 1 (черв.)	1,5	2,0	3,7	2,4	2	2(3)	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
2	Проба № 1 (лип.)	1,5	2,3	3,3	2,4	2	2(3)	II	Добрі	Чисті	Дуже добрі	Чисті
3	Проба № 1 (серп.)	1,5	3,0	3,0	2,5	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
В середньому по р. Дніпро		1,5	3,3	3,3	2,7	3	3(2)	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті

Таблиця Б.21 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро у верхньому б’єфі за показниками сольового складу в пунктах спостережень, осінь 2024 р.

№ пунктів	Пункт спостереження	Показники якості води, мг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за критеріями										
		сума іонів		хлориди		сульфати		мінералізації		іонного складу	забруднення компонентами сольового складу (I_I)							
											Підсумкові розрахунки				I_I		Клас якості
		величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	клас	Категорія	Клас	n_i	$\sum$	$\bar{x}$	I_I	категорія	субкатегорія	
1	Проба № 1 (вер.)	58,0	1	32,5	3	25,5	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	6	1,5	1,5	2	1-2	II
2	Проба № 1 (жовт.)	59,3	1	30,0	2	29,3	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I
3	Проба № 1 (лист.)	51,4	1	28,0	2	23,4	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I
В середньому по р. Дніпро		56,2	1	30,2	2	26,1	1	I	Гіпо-галинні-1	Хлоридні (CI)	4	5	1,25	1,3	1	1(2)	I

Таблиця Б.22 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) показниками в пунктах спостережень, осінь 2024 р.

№	Пункт спостереження	Найгірші і середні значення трофо-сапробіологічних показників якості вод, мг/дм^3								Екологічна оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2)						
		pH (одиниць)		азот амонійний		азот нітритний		азот нітратний		підсумкові розрахунки			значення індексу (I_2)	категорія	субкатегорія	клас якості
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$				
1	Проба № 1 (вер.)	7,3	1	0,36	4	0,0009	1	0,72	5	4	11	2,75	2,8	3	3(2)	II
2	Проба № 1 (жовт.)	7,3	1	0,31	4	0,0009	1	0,97	5	4	11	2,75	2,8	3	3(2)	II
3	Проба № 1 (лист.)	7,8	2	0,17	2	0,0060	3	0,77	5	4	12	3,0	3,0	3	3	II
В середньому по р. Дніпро		7,5	1	0,28	3	0,0026	2	0,82	5	4	11	2,75	2,8	3	3(2)	II

Таблиця Б.23 – Екологічна оцінка якості води річки Дніпро за специфічними показниками в пунктах спостережень, осінь 2024 р.

№ пункту	Пункт спостере-ження	Найгірші і середні значення специфічних показників якості води, мкг/дм^3						Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної дії (I_3)						
		залізо (загальне)		нікель		фториди		Підсумкові розрахунки				I_3		клас якості води
		велич.	кат.	велич.	кат.	велич.	кат.	n	$\sum$	$\bar{x}$	I_3	кат.	субкат.	
1	Проба № 1 (вер.)	180,0	4	10,0	3	150,0	3	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
2	Проба № 1 (жовт.)	220,0	4	10,0	3	150,0	3	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
3	Проба № 1 (лист.)	240,0	4	10,0	3	180,0	4	3	11	3,67	3,7	4	4(3)	III
В середньому по р. Дніпро		213,3	4	10,0	3	160,0	4	3	11	3,67	3,7	4	4(3)	III

Таблиця Б.24 – Об’єднана екологічна оцінка якості води річки Дніпро по блоковим індексам (I_1, I_2, I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E), осінь 2024 р.

№ пункту	Пункт спостереження	Значення індексів										
		I_1	I_2	I_3	I_E	Категорія	Субкатегорія	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
1	Проба № 1 (вер.)	1,5	2,8	3,3	2,5	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
2	Проба № 1 (жовт.)	1,3	2,8	3,3	2,5	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
3	Проба № 1 (лист.)	1,3	3,0	3,7	2,7	3	3(2)	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті
В середньому по р. Дніпро		1,3	2,8	3,7	2,6	3	2-3	II	Добрі	Чисті	Добрі	Досить чисті

ДОДАТОК В

Зниження негативних наслідків зміни гідрологічного режиму р. Дніпро

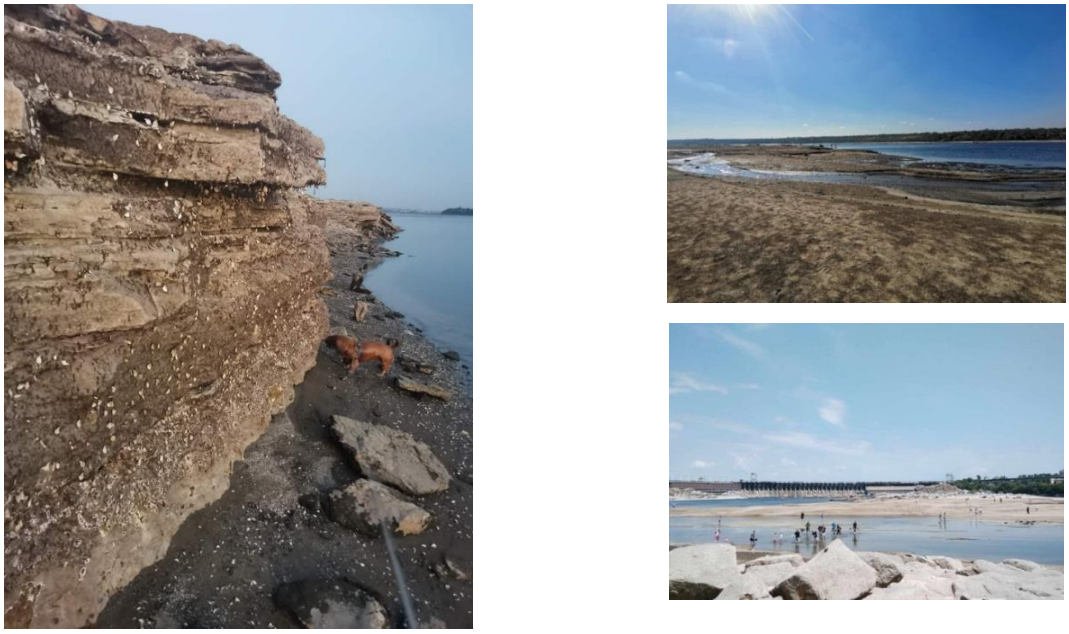
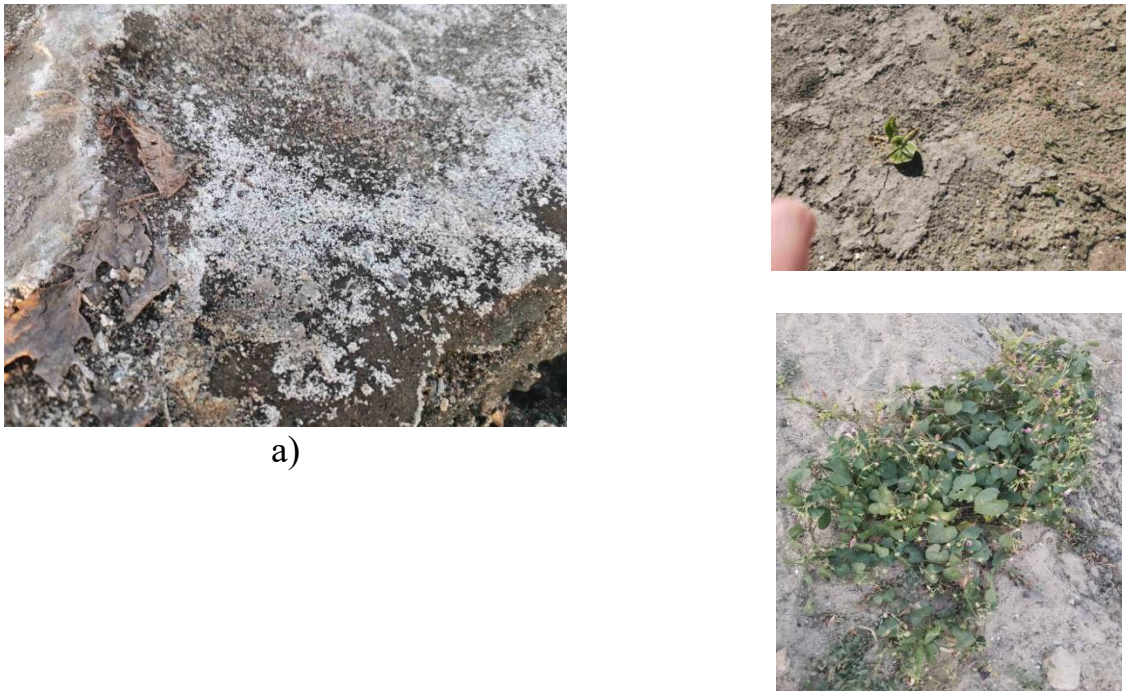


Рисунок В.1 – Зміни гідрологічного режиму р. Дніпро в результаті руйнування Каховської ГЕС, серпень-листопад 2023 р.



а)

б)

Рисунок В.2 – Заходи по зменшенню негативних наслідків зміни гідрологічного режиму р. Дніпро