ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

бакалавра

на тему: СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ МОКРА МОСКОВКА ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕНОСТІ

THE CONDITION OF THE SURFACE WATERS OF THE MOKRA MOSKOVKA RIVER BASED ON POLLUTION LEVELS

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1012

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Дєнєжкін В.С.

Керівник, доцент,

доцент, к.б.н. Домбровський К.О.

Рецензент, доцент,

доцент, к.с/г.н., Притула Н.М.

Запоріжжя – 2026

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет
Кафедра загальної та прикладної екології і зоології
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 101 Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, д.б.н., професор

О. Ф. Рильський

« » вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Дєнєжкіну Віталію Сергійовичу

1. Тема роботи «Стан поверхневих вод річки Мокра Московка за рівнем забрудненості»
керівник роботи Домбровський Костянтин Олегович, к.б.н. доцент
затверджена наказом ЗНУ від «05» січня 2026 р. № 08-с
2. Строк подання студентом роботи «08» червня 2026 року
3. Вихідні дані до роботи матеріали експериментальних досліджень; особисті спостереження; літературні посилання на авторів.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити:
1) визначити вміст деяких фізико-хімічних показників у воді малої річки на 2 ділянках спостереження й порівняти їх із значеннями рибогосподарських нормативі ($ГДК_{р.}$);
2) проаналізувати які саме фізико-хімічні показники води поверхневого водотоку перевищують нормативи $ГДК_{р.}$;
3) оцінити якість і ступінь чистоти води досліджених ділянок спостереження малої річки Мокра за значеннями індексу забруднення води.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 12 таблиць

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім’я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., к.с/г.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи	Вересень-листопад 2025 р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи	Вересень-грудень 2025 р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи	Жовтень-грудень 2025 р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту	Грудень-березень 2025–2026 рр.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи	Квітень-травень 2026 р.	Виконано
6	Передзахист кваліфікаційної роботи	Травень 2026 р.	Виконано
7.	Рецензування кваліфікаційної роботи	Травень–перша декада червня 2026 р.	Виконано
8.	Подання роботи на кафедру	Травень 2026 р.	Виконано
9.	Захист кваліфікаційної роботи	Червень 2026 р.	Виконано

Студент _____ В.С. Дєнєжкін

Керівник роботи _____ К.О. Домбровський

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

В роботі 49 сторінок, 12 таблиць, було використано 51 літературне джерело.

Об’єктом дослідження є поверхневі води малої річки Мокра на двох ділянках (постах) спостереження.

Предметом дослідження є рівень забрудненості поверхневих вод малої річки Мокра за основними фізико-хімічними показниками.

Методи дослідження складаються із загальноприйнятих методів: метод пізнання, опис, візуальне спостереження, статистична обробка.

Метою кваліфікаційної роботи є: оцінка екологічного стану поверхневих вод малої річки Мокра на основі аналізу рівня її забрудненості за певними фізико-хімічними показниками.

Теоретично та експериментально визначено, що фізико-хімічні показники води на досліджених ділянка малої річки Мокра перевищували рибогосподарські нормативи для чотирьох показників – азоту амонійного, азоту нітритного, біохімічного споживання кисню за 5 діб та хімічного споживання кисню, що свідчить про певний рівень органічного забруднення поверхневих вод даного водотоку.

За результатами дослідження якість води р. Мокра в районі Автовокзалу за індексом забруднення води відповідає II–III класам якості води від «чистої» до «помірно забрудненої» води. За результатами дослідження якість води в районі Сімферопольської автомагістралі відповідає II класу якості води «чиста» вода.

В цілому перевищення рибогосподарського нормативу ГДК за $БСК_5$ та ХСК у воді річки було зафіксовано в середньому у 1,2 і 2,1 рази відповідно.

МАЛА РІЧКА МОКРА, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ЯКІСТЬ ВОДИ, ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ

ABSTRACT

The work has 49 pages, 12 tables, and 51 literary sources were used.

The object of the study is the surface water of the small Mokra River at two observation sites (stations).

The subject of the study is the level of surface water pollution in the small Mokra River based on key physicochemical indicators.

The research methods consist of generally accepted methods: the cognitive method, description, visual observation, and statistical analysis.

The objective of this thesis is to assess the ecological status of the surface waters of the small Mokra River based on an analysis of its pollution levels according to specific physicochemical indicators.

Theoretical and experimental data indicate that the physicochemical parameters of the water in the studied sections of the small Mokra River exceeded fishery standards for four parameters – ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, 5-day biochemical oxygen demand, and chemical oxygen demand – indicating a certain level of organic pollution in the surface waters of this watercourse.

According to the study results, the water quality of the Mokra River in the area of the Bus Station, based on the water pollution index, corresponds to water quality classes II–III, ranging from “clean” to “moderately polluted” water. According to the study results, the water quality in the area of the Simferopol Highway corresponds to water quality class II, “clean” water.

Overall, the river water exceeded the fisheries MPC standards for BOD_5 and COD by an average of 1.2 and 2.1 times, respectively.

THE SMALL MOKRA RIVER, PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS, WATER QUALITY, AND WATER POLLUTION INDEX

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ 10
1.1 Сучасний стан поверхневих водних об’єктів України та джерела їх забруднення 10
1.2 Гідроекологічний стан малої річки Мокра до руйнування Каховської ГЕС 16
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 22
2.1 Загальна характеристика поверхневих вод малих річок Запорізької області 22
2.2 Методи оцінки якості поверхневих вод малої річки Мокра 28
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 33
3.1 Оцінка якості води поверхневого водного об’єкту – малої річки Мокра за фізико-хімічними показниками 33
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 41
ВИСНОВКИ 44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 45

ВСТУП

В даний час вивчення екологічних особливостей водних екосистем та якості їх поверхневих вод є пріоритетним напрямом в дослідженні водних ресурсів України. Зростаючий вплив господарської діяльності людини, зміни умов середовища довкілля зумовили загальну тенденцію до погіршення якості води у водних об’єктах країни.

Питання пов’язані з моніторингом екологічного стану водних об’єктів та якості води в них в останні роки стали пріоритетними в численних наукових дослідженнях. Серед наукових робіт вітчизняних та закордонних вчених, велике наукове і практичне значення мають праці, в яких представлені матеріали щодо методів фізико-хімічного аналізу, гідробіологічних досліджень, дистанційного зондування Землі і математичного моделювання, для оцінки рівня забрудненості водних екосистем.

Суттєвий внесок із вітчизняних вчених у вивченні питання якості поверхневих вод при дослідженні басейнів малих річок зробили такі фахівці-екологи, як В.К. Хільчевський, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко, А.В. Гриценко, В.І. Ю.В. Пилипенко, А.В. Яцик, Осадчий, Н.М. Осадча, О.П. Оксіюк, В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, Я.Я. Мовчан О.В. Мудрак та ін. Вони розробили теоретичні та практичні аспекти гідроекології, методи оцінювання якості води для різних цілей та прогнозування екологічних наслідків антропогенного впливу [1–6].

Особлива увага наукових досліджень зосереджена на функціонуванні водних екосистем річкових басейнів та здоров’ї людини внаслідок впливу антропогенного забруднення (органічне, неорганічне, важкі метали, пестициди тощо) [7].

Річки, котрі протікають по урбанізованим територіям Донецько-Придніпровського і Південного економічних районів, де мешкають приблизно

60% населення України, в сучасний час підлягають великому антропогенному навантаженню. Не є виключенням і найбільша з малих річок міста Запоріжжя річка Мокра (лівий приток річки Дніпро) [8].

Дослідження екологічного стану малої річки Мокра, включають роботи, що аналізують фізико-хімічні показники якості води, вивчають якісний та кількісний склад угруповань гідробіонтів [8-18]. Однак, незважаючи на наявність значної кількості наукових досліджень, сучасна оцінка екологічного стану малої річки Мокра з урахуванням специфіки різних ділянок водотоку та динаміки забруднення, залишається актуальною.

Актуальність даної роботи обумовлена тим, що в останні роки все більшої уваги приділяють визначенню забруднення поверхневих вод за фізико-хімічними показниками якості води із використанням індексів забруднення води.

Метою кваліфікаційної робити є оцінка екологічного стану поверхневих вод малої річки Мокра на основі аналізу рівня її забрудненості за певними фізико-хімічними показниками.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні *завдання*:

1) визначити вміст деяких фізико-хімічних показників у воді малої річки на двох ділянках спостереження й порівняти їх із значеннями рибогосподарських нормативі ($ГДК_{р.}$);

2) проаналізувати які саме фізико-хімічні показники води поверхневого водотоку перевищують нормативи $ГДК_{р.}$;

3) оцінити якість та ступінь чистоти води досліджених ділянок малої річки Мокра за значеннями індексу забруднення води.

Об'єктом дослідження є поверхневі води малої річки Мокра на двох ділянках (постах спостереження) водотоку.

Предметом дослідження є рівень забрудненості поверхневих вод малої річки Мокра за основними фізико-хімічними показниками.

Наукова новизна полягає в тому, що спираючись на фізико-хімічні показники вперше була проведена сучасна оцінка якості води малої річки Мокра

після руйнування Каховської греблі, зникнення Каховського водосховища та під впливом військових дій за допомогою використання індексу забруднення води.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що вони можуть бути використані органами місцевого самоврядування і державної влади для реалізації програми ревіталізації малих річок та інших водойм міста Запоріжжя на 2018-2028 роки. Отримані результати дослідження також можуть бути використаними для впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на покращення екологічного стану малої річки Мокра. Крім того, матеріали дослідження можуть бути використані у навчальному процесі для підготовки фахівців у галузі екології та охорони навколишнього середовища.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сучасний стан поверхневих водних об’єктів України та джерела їх забруднення

В даний час залишається актуальним питання чистої води. Внаслідок розширення антропогенного навантаження на довкілля, все менше залишається ландшафтів, які формуються виключно за допомогою природних чинників. З розвитком науково-технічного прогресу в промисловості, сільському господарстві рівень антропогенного втручання збільшується, а внаслідок цього відмічається погіршення якості вод малих річок. В поняття «чиста вода» на сучасному рівні повинні бути закладені не тільки фізичні, але і біологічні критерії. Формування чистої води та відновлення оптимального санітарно-екологічного стану річок головним чином має біологічну основу й залежить які від методів інтенсивності їх використання людиною так і від природних особливостей [1, 5].

Формування біологічно чистої води, яка не містить токсичних, радіоактивних речовин, патогенних організмів, але яка містить у своєму складі всі необхідні солі, мікроелементи і метаболіти, проходить під впливом тільки гідробіонтів. Під час біологічних процесів, які відбуваються у малих річках, гідробіонти мінералізують органічні речовини та акумулюють мінеральні забруднення. При цьому вони виділяють вітаміни, ферменти, мікроелементи, жирні, органічні і амінокислоти, а також інші біологічно активні речовини, які регулюють іонний склад води. Головну роль у процесах окиснення органічних речовин належить симбіотичній взаємодії бактерій і водоростей. Бактерії при розкладанні ними органічних речовин виділяють у воду речовини, які необхідні для життєдіяльності водоростей. Останні в процесі фотосинтезу виробляють кисень, який необхідний для окиснення органічних речовин [19].

Підвищенні концентрації токсичних речовин пригнічують процеси деструкції бактеріями не притаманних природній воді сполук і тим самим

сприяють накопиченню в річках неокиснених органічних речовин. Багато неорганічних і органічних речовин, які потрапили у воду малих річок, практично не підлягають впливу процесів самоочищення. Вони гальмують проходження цих процесів, що також підвищує вірогідність забруднення річок [20].

Вода більшості поверхневих джерел водопостачання України характеризується помірним і високим рівнем забруднення. Споживачами води є сільське господарство, комунальне господарство й промисловість. Після її використання частково або повністю вона повертається до джерел, але зі зміненою якістю.

В Україні проблема забезпечення населення доброякісною, фізіологічно повноцінною питною водою в достатній кількості на цей час залишається гострою. Має місце збільшення кількості комунальних, відомчих водопроводів, які внаслідок зношення (амортизації) не відповідають санітарним нормам, через відсутність знезаражуючих установок і сільських водопроводів – через відсутність необхідного комплексу очисних споруд. В останні роки ця проблема суттєво загострилася внаслідок пошкодження інфраструктури із за повномасштабної війни та зношення старого обладнання на комунальних підприємствах. Найбільша кількість водопроводів, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам зареєстровано зокрема в Луганській, Донецькій, Херсонській, Харківській, Запорізькій та Чернігівській областях [21].

Результати моніторингу якості поверхневих вод у місцях водозаборів питних водопроводів України свідчать про те, що на цей час концентрації пріоритетних шкідливих хімічних речовин вже наближаються до гранично допустимих (ГДК), а в деяких випадках навіть перевищують їх. При такому положенні різко ускладнюється можливість одержання якісної питної води, тому що існуючі водопровідні очисні споруди практично не забезпечують бар’єрну функцію стосовно техногенних хімічних речовин, які у подальшому транзитом надходять до поверхневих вод [22].

Забруднення водних об’єктів характеризується наступними ознаками [23]:

1) появою плаваючих речовин на поверхні води і відкладанням на дні

водойми наносів і осаду;

2) зміною фізичних властивостей води – прозорості, кольору, появою запаху і присмаків;

3) зміною хімічного складу води;

4) зменшенням розчиненого у воді кисню;

5) збільшенням вмісту токсичних речовин, мінеральних домішок, зміною видів і кількості бактерій, появою хвороботворних (патогенних) мікроорганізмів за рахунок потрапляння їх зі стічними водами.

Пріоритетними забруднювачами поверхневих вод протягом багатьох років залишаються неорганічні, органічні сполуки, зважені речовини, нафтопродукти, пестициди, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), важкі метали та інші. Серед збудників захворювань із води найчастіше виділяються сальмонели, ентеровіруси й інші [24].

Якість поверхневих вод визначається двома групами факторів: зовнішніми впливами, у вигляді алохтонних (які потрапляють ззовні до водного об’єкта) джерел забруднення і внутрішьоводними процесами, що включають в себе процеси самоочищення й утворенням автохтонних (породжених у самому водному об’єкті) джерел забруднення. Зовнішні джерела впливу класифікуються за походженням, локалізацією, тривалістю впливу, виду носія забруднюючих компонентів і виду забруднення [25].

За походженням джерела забруднення поділяються на природні й антропогенні. До природних джерел забруднення відносять атмосферні (атмосферні опади), гідросферні (озера, притоки, ґрунтові й підземні води, що формують стік водного об’єкта) і літосферні (які піддаються ерозії й вилуговуванню, схили русел).

Основними антропогенними джерелами забруднення є промислові (випуски виробничих стічних вод, забруднені території підприємств, звалища промислових відходів), комунальні (випуски господарсько-побутових стічних вод, території населених пунктів, звалища побутових відходів), сільськогосподарські (орні поля, городи, тваринницькі підприємства) і

транспортні (транспортні засоби, автодороги, трубопроводи). Зазначені джерела впливу, за винятком сільськогосподарських є типовими для міських водних об’єктів. Сільськогосподарські джерела забруднення перебувають у приміській зоні. Літосферні джерела забруднення в межах урбоекосистем частково ізольовані облицюванням берегів [26].

За локалізацією джерела впливу на водні об’єкти, поділяються на [27]:

1) точкові, площа контакту яких з водним об’єктом суттєво менше площі забрудненої зони цього об’єкта;

2) лінійні, площа контакту яких з водним об’єктом являє собою лінію;

3) площинні, вплив яких проявляється розсіяно на площі водного об’єкта.

Прикладом точкових джерел забруднення можуть слугувати випуски стічних вод із систем водовідведення або невеликі притоки. Лінійні джерела впливу зустрічаються у вигляді стоку з поверхні водозбору, випусків стічних вод через спеціальне обладнання. Площинні джерела впливу: акваторії портів, стоянки маломірних моторних плаваючих засобів, місця донного видобутку корисних копалин – піску, гравію, нафти, газу тощо.

За тривалістю впливу джерела забруднення можуть бути постійними, періодичними й епізодичними. Носії забруднюючих речовин, як правило, стічні, інфільтраційні й підземні води, зворотні води зрошення й дренажні води, поверхневий стік із забрудненої території, атмосферні опади [28].

Джерела впливу на водний об’єкт можуть призводити до його хімічного, фізичного та біологічного забруднення. Хімічне забруднення проявляється через наднормативний вміст речовин у поверхневих водах. Для фізичного забруднення характерне підвищення температури води за рахунок потрапляння у водний об’єкт підігрітих вод (теплове забруднення) або наявність радіонуклідів (радіоактивне забруднення). Біологічний вплив на водний об’єкт супроводжується надходженням до нього хвороботворних мікроорганізмів, яєць гельмінтів, водоростей (головним чином синьо-зелених), дріжджових і пліснявих грибів (гідрофлорне забруднення) [28].

Найбільш істотний внесок у забруднення водних об’єктів вносять алохтонні джерела, особливо антропогенного походження. Основними з них є випуски стічних вод промислових підприємств, випуски комунальних міських стічних вод, транспортні джерела забруднення і поверхневий стік із забруднених територій.

Протягом тривалого періоду випуски стічних вод промислових підприємств були самою істотною причиною забруднення водних об’єктів. Зараз природоохоронна політика в Україні, спрямована на обмеження скидання промислових стічних вод у водні об’єкти, аж до заборони скидання неочищених стічних вод у межах міста, трохи змінила співвідношення між різними джерелами забруднення. Більш істотну роль у забрудненні міських водних об’єктів придбав забруднений поверхневий стік з урбанізованих територій і територій промислових й виробничих майданчиків. Разом з тим вплив промислових стічних вод на якість води водних об’єктів як і раніше достатньо суттєвий. Кількість, фізико-хімічний склад і концентрація забруднюючих речовин у промислових стічних водах надзвичайно різноманітні і визначаються характером технологічних процесів, типом очисних споруд та іншими чинниками. Забруднюючі речовини в них можуть утримуватися в грубодисперсному стані (розмір часток більш 0,1 мм), у вигляді емульсії або суспензії (розмір часток від 0,1 мкм до 0,1 мм), у колоїдному стані (частки розміром від 0,001 до 0,1 мкм) або в розчиненому виді. Інформація щодо кількості і складу стічних вод надається кожним підприємством у формах державної статистичної звітності [29].

Суттєвому забрудненню підлягають малі річки, до яких також потрапляє велика кількість стічних вод. Для України використання водних ресурсів малих річок взагалі має велике значення. У деяких регіонах через безконтрольний забір води багато малих річок пересихають, замулюються і взагалі згодом зникають. Це стосується і річок північно-західного Причорномор’я. Ці водотоки мають деякі особливості, якими дуже відрізняються від великих річок регіону: водозбір їх майже повністю перебуває в степовій зоні. Для їхніх екосистем завжди була

характерна висока біопродуктивність, вони визначали унікальну продуктивність солоних лиманів і разом з ними трансформували поверхневий стік північно-західного Причорномор’я в оптимальний для нормального існування чорноморської біоти [28].

Спрямлення та поглиблення русел річок і суцільне використання їхніх заплав для сільськогосподарських робіт різко змінили умови формування річкового стоку, заплави перестали виконувати свої водоохоронні, бар’єрні та очисні функції. Змінився гідрохімічний режим річкової долини. Річки, як правило, тут течуть у вузьких, глибоких жолобах, вони втратили свою заплаву, на них немає весняних повеней, порушено екосистему «русло – заплава», а в зв’язку з цим – і всі притаманні нормальному функціонуванні річки гідробіологічні процеси. Порівняно із минулими роками, нині також відбулися величезні зміни, пов’язані, з одного боку, з дуже значною (до 70–80% площі) розораністю земель, а з другого – з надмірною меліорацією і штучним поливанням чорноземів [5, 22].

Основними факторами, які впливають на формування гідрохімічного режиму річок Запорізької області, є антропогенне забруднення, ґрунтові та підземні води. Щодо антропогенного чинника, то дослідження, які були проведені в басейні р. Когильника дали змогу визначити антропогенний складник мінералізації. Він досяг в останні десятиріччя 52–68%, що деякою мірою може бути екстрапольоване на всі інші степові річки північно-західного Причорномор’я. Другий чинник значною мірою пов'язаний із легкорозмивними лесами і чорноземом цієї території. Привнесені сюди леси еолового походження багаті на легкорозчинні солі, у складі яких переважають іони сульфатів, хлоридів, натрію та магнію. У чорноземах міститься багато біогенних та органічних сполук. Меліорація з її наслідками (ерозією, порушенням водонепроникних горизонтів, набуханням ґрунтів тощо), призвели до збільшення рухливості й посилення вимивання цих елементів у воду річок. Цікаво, що в джерельних водах, які просочуються з цих чорноземно-лесових шарів, є багато магнію (122 г/дм^3), найбільше його й серед катіонів

(40% міліграм-еквівалент/л). Третій чинник – підземні води, що в умовах Причорноморської западини дуже засолені хлоридами й сульфатами. Третинні відклади містять води з мінералізацією 0,6–46,0 г/дм^3. Серед них найменш засоленими є води понту й меотису, а на деяких ділянках – сарматські води. За іонним складом ці води належать до гідрокарбонатно-кальцієвих [30].

Для відновлення колишнього обсягу корисної продукції, сталої збалансованої екосистеми, великої самоочисної здатності та для зростання ролі степових річок у житті місцевого населення треба відновити природний стан заплав та вільне меандрування русел річок. Також треба заборонити спрямлення і каналізування, осушення заплав, максимально припинити шкідливі меліоративні роботи й обмежити скидання в річки неочищених стічних вод. Виконання цих заходів приведе до покращення гідрохімічного режиму, а потім і до відновлення колишньої продуктивності екосистем досліджених річок [24].

1.2 Гідроекологічний стан малої річки Мокра до руйнування Каховської ГЕС

Найбільшою з малих річок міста Запоріжжя є Мокра (лівий приток Дніпра). Водозбірна площа річки становить 457 км^2 її довжина сягає 62 км, а в межах міста вона тече територією, яка складає близько 11 км.

Раніше річка Мокра (Мокра Московка), на значній гирловій ділянці (біля трьох кілометрів), знаходилась у підпорі Каховського водосховища і була фактично відстійником численних промислово-господарських і каналізаційних стоків від промислових підприємств м. Запоріжжя, а також житлового сектора. Об’єм та обсяг стічних вод в окремі місяці у багато разів перевищує природний стік малої річки, що унеможливлює її спроможність до самоочищення. Тому вкрай важливим є контроль за екологічним станом малих річок та своєчасний аналіз їх забрудненості [8, 12].

Міські стічні води являють собою суміш господарсько-побутових стічних вод міста та виробничих стічних вод промислових підприємств. Звичайно вони проходять біологічне очищення на центральних очисних спорудженнях (в аеротенках). На відміну від промислових стічних вод господарсько-побутові стоки мають порівняно стабільний фізико-хімічний склад. Для цих стоків, є характерним перевага органічних забруднюючих речовин над мінеральними (співвідношення органічних і мінеральних речовин у неочищених стічних водах становить 5:1). Вони також мають постійну температуру впродовж року, яка коливається у межах 15-20°С. Об'єм міських стічних вод залежить від чисельності міського населення і може бути орієнтовно визначене за нормами водовідведення побутових стічних вод від житлових районів. При відсутності очисних споруд для господарсько-побутових стічних вод міста або населеного пункту, кількість забруднюючих речовин визначається за питомими нормами на одного мешканця [22].

Основними транспортними джерелами забруднення поверхневих вод є наземний і водний транспорт. Забруднюючі речовини від наземних видів транспорту надходять у водні об'єкти з поверхневим стоком з території міста, від водного транспорту – безпосередньо у водний об'єкт. В процесі експлуатації водного моторного транспорту у воду надходять феноли, сполуки свинцю, ароматичні вуглеводні, основною забруднюючою речовиною є нафтопродукти.

За період свого існування мала річка Мокра втратила своє рибогосподарське значення, її гирлова ділянка перетворена у відкритий колектор з антисанітарним станом, де будь-яке життя водних організмів (гідробіонтів) майже неможливе. На замулених прибережних ділянках водотоку швидкими темпами росте очерет звичайний (*Phragmites communis*), зменшуючи проточність річки. Ділянка річки, яка розташована вище залізничних мостів довжиною 8 км, також знаходиться у поганому екологічному стані: русло водотоку майже відсутнє, заплава заросла очеретом звичайним та іншими првітряно-водними вищими рослинами і перетворилася у водну екосистему болотного типу з гідролізно-дріжджовим і фекальним запахом. В наслідок замулювання русла

водотоку його заростання очеретом звичайним у верхів'ї річки становило близько 30%, а на ділянка середньої та нижньої течії – 10-25 %, відповідно [8–10].

Глибина малої ріки Мокра, до руйнування Каховської ГЕС, складала від 0,5 до 1,5 м. При замуленні русла річки її довжина складала у верхів'ї до 0,5-1,2 м, в середині течії – 0,2−0,5 м та в нижній течії водотоку – 0,1-0,8 м. Швидкість течії малої річки раніше змінювалася в певному діапазоні 0,1-0,2 м/с (за середніми показниками), але не перевищувала 0,4 м/с [11].

Русло малої річки Мокра в деяких місцях випрямлене і проходить у штучних водоводах (облицьованих бетонними плитами або металевими трубопроводами). Також русло на деяких ділянках водотоку перетинає мережа інженерних комунікацій (кабелі зв'язку, високовольтні лінії електропередач), трубопереїзди і примітивні пішохідні містки. Більшість зазначених технічних споруд були побудовані без відповідних проектів, і під час повеней призводить до катастрофічних затоплень та підтоплення території житлового сектора. Внаслідок господарської діяльності до гирла річки Мокра потрапляє безліч різноманітного сміття, яке збирається на заплаві і біля житлових будинків приватного сектору. Основним джерелом замулення річки в межах міста Запоріжжя, можна вважати «самозахоплення прилеглої території річки» і облаштування у заплаві городів, дачних ділянок, гаражів, а також скид неочищених стічних вод. Внаслідок відсутності лісових масивів і рослинних насаджень уздовж руслової ділянки річки Мокра та залуження берегів сприяє змиванню верхнього шару ґрунту в період інтенсивних атмосферних опадів (злив), а також утворенню та поглибленню ярів [12].

Гідробіологічні дослідження малої річки Мокра, які були проведенні до повномасштабного вторгнення російських військ, показали що в угрупованні макрозообентосу було виявлено 33 види донних безхребетних. Щільність угруповань макрозообентосу була у межах 1600-22200 екз./м^2, а біомаса змінювалась від 25,6 до 543,6 г/м^2. Під час антропогенного забруднення малої річки також підлягають значним змінам і трофічні умови у водній екосистемі,

що призводить до реорганізації і трансформації трофічної структури угруповань макрозообентосу. Із підвищенням трофності водотоку змінюється склад трофічної структури макрозообентосу, тут підвищується частка тварин хижаків, особливо п'явок та тварин із спеціалізованим типом харчування – еврифагів. Вплив сестоно-детритофагів навпаки зменшується, а деякі з них – черевоногий молюск (*Physa sp.*) і зовсім зникають із складу макрозообентосу. Аналізуючи показники сапробності вод верхньої і нижньої ділянок малої річки Мокра, було також встановлено зниження кількості видів індикаторів β-мезосапробних вод з 76,9% до 57,1 % і навпаки – збільшення індикаторних видів α-мезосапробних вод з 23,1 % до 42,9 %, відповідно [14-16].

За ступенем забруднення органічними речовинами та іншими фізико-хімічними показниками річка Мокра відповідала полісапробним водоймам. Полісапробними вважаються водойми, в яких майже повністю відсутній розчинений кисень, у воді присутні білки, що не розклалися, значна кількість біогенних газів (сірководень, метан), присутній діоксид вуглецю, а біохімічні процеси мають відновлювальний характер. Значне техногенне навантаження на водне середовище малої річки Мокра, що зумовлено накопиченням у воді біогенних речовин, призводить до евтрофікації водотоку й погіршенню її фізико-хімічних показників. У воді дослідженого водотоку, був значно підвищений вміст сульфатів, хлоридів та реєструвались високі значення жорсткості води від допустимих значень екологічних нормативів (табл. 1.2) [8].

Після проведення заходів щодо розчищення русла р. Мокра в межах м. Запоріжжя її екологічний стан не поліпшився [12]. Так, за більшістю фізико-хімічних показників вода річки виходить за межі оціночної бази не тільки системи екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв за відповідними критеріями, але і вимог щодо технічного водопостачання. У воді було встановлено підвищений вміст азоту нітратного, азоту нітритного, сульфат-іонів, фосфат-іонів, хлорид-іонів та нафтопродуктів. Також було виявлено і підвищений вміст специфічних забруднюючих речовин токсичної дії, а саме –

цинку, ціанідів, хрому загального, кадмію, заліза загального, марганцю, міді, алюмінію та нікелю [13].

Таблиця 1.2 – Трофо-сапробіологічна (еколого-санітарна) характеристика якості води р. Мокра [8]

Показники	Ділянки річки			Категорія якості води
	1	2	3	
Жорсткість (загальна), мг-екв/дм^3	26,50	23,75	23,75	помірно забруднені
pH, одиниці pH	7,65	7,72	7,93	чисті
Хімічне споживання кисню, мг О/дм^3	50,0	80,0	60,0	брудні
Сульфат-іони, мг/дм^3	820,0	820,0	820,0	дуже брудні
Хлорид-іони, мг/дм^3	283,60	290,69	272,97	брудні
Сапробність за Пантле-Букком	2,67	2,76	2,46	помірно забруднені

Примітка: 1 – верхня ділянка річки; 2 – середня ділянка річки; 3 – нижня ділянка річки.

У цілому за середніми значеннями трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників, якість води малої річки Мокра оцінюється категорією 5 (за станом – посередня, за ступенем забрудненості – помірно забруднена, за трофністю – ев-політрофна, за сапробністю – α-мезосапробна) із тенденцією переходу до категорії 6 (погана, брудна, політрофна, полісапробна), згідно з прийнятою в Україні системи екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв [8].

Якість води у річці Мокра визначається не біологічними процесами самозабруднення і самоочищення, як це відбувається у природних водних

екосистемах з помірним антропогенним забрудненням, а виключно кількістю стічних вод і їх якісним складом, які потрапляють до водотоку.

Таким чином, якість води малої річки Мокра за групою показників наближується до стічної. Процес самоочищення водотоку зведений майже до нуля. Розчистка пригирлової ділянки русла кардинально не вирішить екологічні проблеми річки, доки не буде припинено скидання до неї неочищених стічних вод [17].

Проблема відновлення природнього екологічного стану р. Мокра, як і інших малих річок, що протікають через територію міста, сьогодні турбує громадські об’єднання і адміністративні органи нашої країни. Серед заходів, що можуть позитивно вплинути на її вирішення, найперше значення має раціональне використання поверхневих вод на всіх етапах промислових, комунально-побутових технологічних процесів, а також застосування сучасних, ефективних методів біологічного очищення води [18].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика поверхневих вод малих річок Запорізької області

Водні екосистеми є найбільш уразливою частиною довкілля. Водний фонд Запорізької області представлений на сьогодні Дніпровським водосховищем з об'ємом води 3,3 км^3, 65 малими річками (довжиною більше 10 км) і загальною довжиною біля 2867 км (у тому числі в межах обласного центру 2638 км), 28 водосховищами на малих річках із загальним об'ємом води 74,8 млн. м^3, 753 ставками з об'ємом води понад 162,3 млн. м^3. В цілому в області нараховується 118 річок. Переважна більшість з них відноситься до малих річок, лише 3 річки (Молочна, Гайчур і Конка) відносяться до середніх. Водозабезпеченість території Запорізької області низька та складає 10-40 тисяч км^3 на один кілометр площі на рік [31].

Запорізька область розташовується у помірному поясі північної півкулі, в області помірно континентального клімату. Влітку середня температура повітря знаходиться у межах 22,6-23,5°С. Але, температура повітря також може підійматись до +39°С внаслідок впливу антициклонів, що зумовлює величезне випаровування води з поверхні річок. Взимку середня температура повітря січня змінюється в напрямку з півночі на південь від –5,4°С до –3,8°С. Тривалість льодоставу в межах області на річках неоднакова. На півночі Запорізької області лід стоїть приблизно 70 діб, а на півдні – 60-65 діб. Однак періодично буває дуже тепла зима, яка зумовлює відсутність льодоставу взагалі [32].

Середня кількість опадів в Запорізькій області становить 450-500 мм на рік. Однак, опади не є рівномірними. При збільшенні висоти над рівнем моря збільшується і кількості атмосферних опадів від 320-340 мм на південному заході та півдні області, а також до 460-480 мм на північному сході. Випаровування води в Запорізькому регіоні становить близько 800-900 мм. Тому коефіцієнт зволоження в області менший одиниці (недостатнє зволоження), що робить річки

на даній території маловодними. Суховії разом із низькою вологістю повітря влітку сприяють інтенсивному висиханню малих річок.

Річки Запорізької області мають змішаний тип живлення. Основу живлення цих водних екосистем складають танення снігів (50-70% річного стоку). Дощове живлення відіграє меншу роль, оскільки в умовах посушливого клімату, опадів часто буває недостатньо щоб забезпечити достатню кількість води для річок. Підземне живлення відіграє важливу роль для підтримання живлення річок у літній період року. В цілому можна сказати, що невелика кількість атмосферних опадів, високі літні температури повітря, сухі вітри та інші природні екологічні чинники в Запорізькій області створюють негативні умови для річкового стоку [33].

Річки Запорізької області належать до басейнів Дніпра й Азовського моря. На півдні Запорізькій області річки несуть свої води до басейну Азовського моря. Всі річки які впадають в Азовське море відносяться до малих річок. У верхів'ях річки мають швидку течію, що сприяє інтенсивним ерозійним процесам.

Далі розглянемо малі річки Запорізької області. Річка Верхня Терса, витікає із Запорізької внутрішньої рівнини, і бере початок поблизу с. Верхня Терса. Довжина річки становить 107 км, площа басейну 1680 км². Ширина долини малої річки сягає до 2 км. Живлять р. Верхня Терса невеличкі дві річки, ліві притоки – р. Солоненька та р. Луб'яшівка. Також до Дніпра впадають численні малі річки, такі як Осокорівка, Вільнянка, Мокра (раніше Мокра Московка та ін.), які відігравали суттєву роль у зрошенні та для місцевого водопостачання. Однак влітку вони майже повністю пересихають [32].

Річка Берда – степова річка Приазов'я, протікає в Куйбишевському й Бердянському районах. Впадає річка в Азовське море. Річка має постійний водотік, внаслідок значної частки ґрунтового живлення влітку й взимку. Також до неї потрапляють талі води. Довжина річки складає – 125 км, а площа басейну дорівнює – 1760 км². Річка Берда прорізає південну частину Українського кристалічного щита, тому вона має вузьку, глибоку долину, яка досягає 50–75 м в глибину і 500 м в ширину. Перед впадінням до Азовського моря річка Берда

утворює Бердянський лиман [34].

Річка Обитічна – найповноводніша річка басейну Азовського моря. Її довжина становить 96 км, а площа водного басейну дорівнює 1430 км². Протікаючи по території області в р. Обитічну впадають ряд приток, з яких найбільшу довжину мають три водотоки (р. Кільтиччя, Буртиччя та Чокрак) [31].

Найбільшою правою притокою р. Дніпро на території Запорізької області є р. Томаківка, яка раніше впадала до Каховського водосховища біля міста Марганець. Довжина річки у межах Запорізькій області складає 28 км, а площа басейну дорівнює 1010 км^2. У Старий Дніпро (колишнє верхів'я Каховського водосховища) також впадають, ще інші малі річки – Верхня Хортиця, Нижня Хортиця та Бабурка [32].

Річка Нижня Хортиця впадає до р. Дніпро біля с. Нижньої Хортиці. Річка перегороджена греблями для створення ставків. Уздовж річки тягнеться заплавний ліс, що представлений головним чином із верб. Річка Гайчур (ліва притока р. Вовчої) протікає крізь Куйбишевський, Пологівський і Гуляйпільський райони. Довжина річки становить 130 км, а площа басейну складає 2140 км^2. Річка Верхня Терса (ліва притока р. Вовчої) протікає крізь Гуляйпільський, Новомиколаївський і Вільнянський райони Запорізької області та Дніпропетровську область. Довжина водотоку – 107 км, площа басейну річки дорівнює 1680 км^2. Живлення річки снігове і дощове. Стік даного водотоку зарегульований ставками, по всій своїй довжині річка перекрита греблями. Вода в річці за якісним складом (головним чином із за жорсткості води) не придатна для вживання. Водні ресурси річки використовуються для потреб сільського господарства та зрошування [34].

Північніше міста Запоріжжя у р. Дніпро впадають також інші малі річки: р. Осокорівка (на межі з Дніпропетровською областю), р. Вільнянка з р. Вербова та р. Мокра, які влітку майже повністю пересихають [30].

Річкова мережа Запорізької області є однією з найбільш зарегульованих в Україні, внаслідок чого малі річки перебудовують у каскади ставків та водосховищ. В Запорізькій області активно відбувався процес створення каскаду

ставків із малих річок. Так в області розташовано 1247 ставків. Найбільша кількість ставків знаходиться на території Гуляйпільського (184), Новомиколаївського (138), Вільнянського (137) районів. Переважну більшість всіх ставків області було створено на річках басейну Дніпра. Внаслідок такої трансформації і зміни водних екосистем малих річок, змінилися і їх гідрологічні характеристика та режим: швидкість течії зменшується, водойми прогріваються значно сильніше і швидше відбувається процес випаровування води [35].

Одним з основних джерел забруднень, що надходять до поверхневих водних об'єктів Запорізького регіону, є численні промислові підприємства та житлово-комунальні господарства, які здійснюють скид недостатньо очищених стічних вод до водних екосистем та стоки малих річок (Суха та Мокра). Промислове підприємство ПАТ «Запоріжсталь» є головним промисловим забруднювачем у місті Запоріжжя. Крім того, у місті є ще багато інших потенційно небезпечних промислових підприємств, які виробляють надзвичайно забруднені стічні води та представляють велику загрозу для якості річкової води та здоров'я населення. До таких виробництв відносяться підприємства кольорової металургії, коксохімії, енергетики та важкого машинобудування. Їх стічні води забруднені різноманітними хімічними сполуками (іноді дуже токсичними): важкими металами, сульфатами, нітритами, нітратами, хлоридами, азотом амонійним, фосфатами, фенолами та нафтопродуктами у високих концентраціях [36].

Іншою екологічною проблемою є порушення гідрологічного та гідрохімічного режиму малих річок регіону. Екологічний стан середніх та малих річок оцінюється як незадовільний. Причиною такого становища є надмірне антропогенне навантаження на екологічні системи річок. До причин поганого екологічного стану малих і середніх річок відносять:

1) скидання забруднених вод до водотоків через неефективну роботу водоочисних споруд;

2) виніс забруднених речовин з прилеглої територій урбоекосистем безпосередньо у річки;

3) висока розораність басейнів річок сприяє водній ерозії на 40-60% в Запорізькій області. Що призводить замулення річок;

4) внаслідок господарської діяльності до водних об’єктів потрапляють мінеральні солі, залишки пестицидів, фосфати, нафтопродукти тощо;

5) порушення правил експлуатації водозаборів та каналізаційних мереж.

У межах міста через господарську діяльність відбувається підтоплення земель. Розвитку такого процесу сприяє порушення правил планування та забудови прилеглої території поруч із малими річками. Внаслідок замулення, русла малих річок знижують свою дренуючу спроможність і тому їх постійно в подальшому необхідно буде поглиблювати й проводити розчистку гирлової ділянки русла. На такі заходи із місцевого бюджету необхідно майже кожного року витрачати сотні тисяч гривень.

Сьогодні малі річки, які протікають в межах міста Запоріжжя перебувають в дуже ганебному стані. Русла річок замулені, інтенсивно заростають очеретом і болотяною рослинністю, втратили здібність до природного самоочищення. Заплави річок перекриті багаточисельними інженерними комунікаціями й технічними спорудами (водоводи, каналізаційні колектори, різноманітні кабелі), переїздами та пішохідними містками, в більшості випадків влаштованими самовільно [37].

До малих річок здійснюється скидання недостатньо очищених промислових стічних вод, а також зливових вод із прилеглої території промислових площадок виробничих підприємств міста. Так, до малої річки Мокра потрапляють стоки від моторобудівного заводу АТ «Мотор Січ», ВАТ «Запорізький абразивний комбінат». Крім того, в спадок з Радянських часів комунальному господарству міста дісталися каналізаційні насосні станції, обладнані з найменшими витратами аварійними випусками неочищених фекальних стоків в найближчі водні об’єкти, а саме у малі річки. До малих річок міста потрапляють зливові і талі води із розташованої території, так і по системах зливової каналізації [38].

Безумовно, факт скидання стічних вод негативно впливає на екологічний стан малих річок, струмків і водотоків. Проте не меншої шкоди наносить діяльність мешканців самого міста Запоріжжя, а саме. Русла малих річок забудовані до самої кромки води, внаслідок не санкціонованого використання землі у своїх господарчих цілях. По берегах річок утворюються смітники із побутового і будівельного сміття, спиляних гілок дерев, які змиваються водним потоком при сильних зливах. Згодом все це сміття, яке потрапляє до малої річки стає перешкодою для паводкових вод. Неодноразово громадськість міста під час прибирання прилеглої території та русла малих річок збирала купу сміття у вигляді старої меблі, холодильників, зношених автомобільних шин, відпрацьованих нафтопродуктів. У заплавах малих річок влаштовані багаточисельні вигрібні ями, а деякі домовласники приватного сектору навіть мають безпосередні випуски господарсько-побутових стічних вод до цих водних об’єктів. В цілому, всі ці негаразди сприяють інтенсивному заростанню, евтрофікації, підтоплені прилеглої території та робить неможливим нормальне розвантаження ґрунтових вод. В результаті погіршується санітарно-епідеміологічна ситуація. Так, наприклад в межах приватного сектору, підвали будинків були затоплені ґрунтовими водами. Фіксувались ділянки, де ґрунтові води знаходились на рівні до 30 см від підлоги. Запорізька міська рада вже більше десяти років планомірно проводить заходи щодо розчистки русла малих річок з метою поліпшення їх санітарного, гідрогеологічного стану, зменшення в зоні їх впливу підтоплення житлової забудови міста [39].

Таким чином для поліпшення екологічного стану даних водних екосистем необхідно регулярно проводити моніторинг водних ресурсів (малих річок) Запорізького регіону, що обумовлено особливостями гідрологічного режиму, а також необхідністю обліку потужного антропогенного тиску, який зумовлений різноманітними причинами: по-перше, якістю стічних вод, які скидаються до водойм і водотоків промисловими та комунально-побутовими об’єктами, а також поверхневого стоку із прилеглих сільськогосподарських угідь, по-друге, зворотною реакцією водних екосистем на збільшення кількості багатьох

біогенних речовин, які привносяться [40].

2.2 Методи оцінки якості поверхневих вод малої річки Мокра

Оцінка якості води поверхневих водних об’єктів завжди базується на певних нормативах. Нормативи якості води це встановлені значення показників якості води (фізичні, хімічні, біологічні), які відповідають певним вимогам і при яких враховується екологічна безпека здоров’я людини, забезпечуються сприятливі умови для різних видів водокористування і при яких відбувається охорона і раціональне використання вод водного об’єкта.

У зв’язку із змінами нормативної бази в 2014–2021 роках щодо нормативних документів, які використовуються для оцінювання якості води для різних цілей в Україні змінилися й гігієнічні цілі оцінювання якості води водних об’єктів. Так для нормування якості води водних об’єктів для господарсько-питного і культурно-побутового (рекреаційного) водокористування застосовують норматив ДСП 173-96: Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Додаток 11: Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об’єктів в пунктах господарського-питного і культурно-побутового водокористування [41]. Використовуються також й інші нормативні документи, це ДСТУ 4808:2007: Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [42], а також Гігієнічні нормативи якості води водних об’єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. Наказ Міністерства охорони здоров’я України від 02 травня 2022 року № 721.

Якість води водних об’єктів, що використовуються для рибогосподарських потреб оцінюється відповідно нормованих документів, які представлені у «Нормативах екологічної безпеки водних об’єктів, що використовуються для потреб рибного господарства…» [43]. Нормативи екологічної безпеки водних

об’єктів за цим нормативним документом використовуються для оцінки стану морських вод, природних прісних вод та вод рибницьких ставів.

При проведенні дослідження щодо оцінки якості води поверхневого водного об’єкта (водотоку) використовували гранично допустимі концентрації певних фізико-хімічних показників для водойм рибогосподарського призначення, табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Гігієнічні нормативи до складу та властивостей води об’єктів у пунктах призначених для потреб рибного господарства [44]

Речовина	$ГДК_{р.}$
$БСК_5$ мг O_2/дм^3	3,0
Завислі речовини, мг/дм^3	25,0
Розчинений кисень, мг O_2/дм^3	≥ 4,0
Азот амонійний, мг/дм^3	1,0
Азот нітритний, мг/дм^3	0,08
Фосфор ортофосфатів, мг/дм^3	2,14
ХСК, мг/дм^3	15,0

Для оцінки якості води водної екосистеми малої річки Мокра використовували гідрохімічний індекс забруднення води (ІЗВ) [45–47] за формулою 2.1.

$$ІЗВ = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (2.1)$$

де C_i – концентрація компонента (значення фізико-хімічного параметра;

n – число показників, які використовували для розрахунку індексу;

$ГДК_i$ – встановлена величина нормативу за відповідним типом водного об’єкту.

Залежно від величини індексу забруднення води (ІЗВ) ділянки різноманітних водних об’єктів поверхневих вод підрозділяють на класи якості води (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Клас якості води (критерії її оцінки) в залежності від індексу забруднення води (ІЗВ) [48]

Рівень забруднення	Значення ІЗВ	Клас якості вод
Дуже чисті	до 0,2	I
Чисті	0,21 – 1,0	II
Помірно забруднені	1,01 – 2,0	III
Забруднені	2,01 – 4,0	IV
Брудні	4,01 – 6,0	V
Дуже брудні	6,01 – 10,0	VI
Надзвичайно брудні	>10,0	VII

Використання індексу забруднення води для оцінки рівня забруднення водного об’єкту та встановлення класу якості поверхневих вод полягає в тому, що він дозволяє порівняти якість води в різних водних екосистемах між собою, при наявності в них різних забруднювальних речовини. Також використання індексу забруднення води дозволяє виявляти тенденцію зміни якості води поверхневого водного об’єкту впродовж декількох років. Тому для оцінки якості води малої річки Мокра використовували саме індекс забруднення води (ІЗВ).

Індекс забруднення води (ІЗВ) розраховувався та визначався за шістьма фізико-хімічними показниками. До обов’язкових фізико-хімічних показників належать розчинений кисень та біохімічне споживання кисню за 5 діб ($БСК_5$).

Для розрахунку індексу забруднення води порівнювали значення (C_i) біохімічного споживання кисню ($БСК_5$) з відповідними нормами (Н) за співвідношенням: $\frac{C_i}{H}$, табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Нормативи для $БСК_5$ при розрахунках ІЗВ [49]

Споживання кисню $БСК_5$, $мгO_2/дм^3$	Норматив, $мгO_2/дм^3$
До 3 включно	3
3–15	2
Понад 15	1

Концентрація розчиненого кисню оцінювалась за співвідношенням: $\frac{H}{C_i}$, де Н – величина розчиненого кисню, що приймається за норматив, а C_i – концентрація розчиненого кисню (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Нормативні значення розчиненого кисню [49]

Вміст розчиненого кисню (C_i), $мгO_2/дм^3$	Норматив (ГДК), $мгO_2/дм^3$
> 6	6
$6 > C_i > 5$	12
$5 > C_i > 4$	20
$4 > C_i > 3$	30
$3 > C_i > 2$	40
$2 > C_i > 1$	50
$1 > C_i > 0$	60

Потім складаємо значення всіх шести показників, які виражені через ГДК або норматив. Одержане сумарне значення ділимо на 6 і визначаємо значення індексу забруднення води (ІЗВ).

Оцінку якості води малої річки Мокра проводили впродовж 2024–2025 років на двох постах спостереження. Перша ділянка водотоку розташована в районі Автовокзалу міста Запоріжжя біля залізничних мостів, а друга ділянка – в районі Сімферопольській автомагістралі.

Для розрахунку індексу забруднення води (ІЗВ) ми використовували для першого поста спостереження наступні фізико-хімічні показники якості води:

розчинений кисень, біохімічне споживання кисню за 5 діб ($БСК_5$), азот амонійний, азот нітритний, фосфор ортофосфатів та хімічне споживання кисню (ХСК). На другому посту спостереження ми використовували дещо змінені фізико-хімічні показники якості води: завислі речовини, розчинений кисень, азот амонійний, азот нітритний, фосфор ортофосфатів та $БСК_5$.

Також нами був розрахований коефіцієнт небезпечності хімічного елемента ($k_н$) [50]. Він визначається за формулою 2.2 як відношення фактичної концентрації контрольованої речовини у воді (C_i) до її гранично допустимого значення (ГДК).

$$k_{\text{н}} = \frac{C_i}{\text{ГДК}}, \tag{2.2}$$

Узагальнюючи викладене, слід зазначити, що обраний комплекс методологічних підходів дозволяє забезпечити об'єктивну та багатоаспектну оцінку екологічного стану водної екосистеми малої річки Мокра. Використання нормативів для водойм рибогосподарського призначення як найбільш жорстких екологічних критеріїв, у поєднанні з розрахунком інтегрального гідрохімічного індексу забруднення води (ІЗВ) та коефіцієнтів небезпечності окремих хімічних компонентів, дає змогу не лише встановити точний клас якості води на різних ділянках спостереження, а й виявити ключові речовини-забруднювачі. Проведення моніторингу на двох постах із відмінним антропогенним навантаженням впродовж 2024-2025 років дозволяє простежити динаміку трансформації хімічного складу поверхневого стоку в межах урбанізованої території, що є підґрунтям для подальшого аналізу та інтерпретації отриманих експериментальних результатів.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінка якості води поверхневого водного об’єкту – малої річки Мокра за фізико-хімічними показниками

Відповідно до даних Запорізького обласного центру з гідрометеорології, який здійснює метеорологічні та гідрологічні спостереження, моніторинг забруднення навколишнього середовища, а також прогнозування погоди у Запорізькій області, а також даних громадського дослідження стану екосистеми Дніпра та його приток (громадська організація «Екосенс») [51] нами були проаналізовані деякі фізико-хімічні показники якості води за 2 постами моніторингу. Пунктами спостереження поверхневих вод були певні ділянки р. Мокра.

Перший пункт спостереження – ділянка річки в районі Автовокзалу біля залізничних мостів (0,5 км від гирла водотоку).

Другий пункт спостереження – ділянка в районі Сімферопольської автомагістралі (траса М-18). Траса перетинає водотік в районі між Космічним мікрорайоном та авторинком, перед тим як річка потрапляє до нижньої частини міста (приблизно 4,5–5,5 км по руслу до гирла).

Фізико-хімічні показники води малої річки Мокра (раніше Мокра Московка) на досліджених ділянках за досліджений період варіювали у певних межах. Концентрації хімічних показників коливались у таких межах, мг/дм^3: завислі речовини 10,20–15,40; мінералізація – 490,30–3856,5; азот загальний – 0,81–6,78; азот амонійний – 0,03–3,67; азот нітритний – 0,004–0,187; азот нітратний – 0,27–7,20; фосфор ортофосфатів – 0,025–0,170; фосфор загальний – 0,052–0,340; розчинений кисень – 6,20–13,60; водневий показник – 7,75–9,00; гідрокарбонатів – 370,6–327,0; залізо розчинне – 0,030–0,070; органічних забруднень за хімічним споживанням кисню (ХСК) – 28,0–38,0; за біохімічним споживанням кисню ($БСК_5$) – 2,82–5,60. Температура води у р. Мокра у весняно-осінній період була у межах 9,1–22,9°С.

Вміст деяких фізико-хімічних показників річки Мокра в районі Автовокзалу, біля залізничних мостів в 2024 році (табл. 3.1) показав перевищення нормативів ГДК рибогосподарського призначення.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні показники води малої річки Мокра (район Автовокзалу м. Запоріжжя), 2024 р.

Місяць	$БСК_5$, $мгO_2/дм^3$	ХСК, $мгO_2/дм^3$	Розчинений кисень, $мгO_2/дм^3$	Амоній-іони, $мг/дм^3$	Нітрит-іони, $мг/дм^3$	Фосфат-іони, $мг/дм^3$
Січень	3,00	28,0	13,60	0,56	0,012	0,037
Лютий	3,10	30,0	11,50	0,97	0,004	0,025
Березень	3,00	30,0	13,20	0,36	0,018	0,037
Квітень	3,05	32,0	12,00	0,70	0,010	0,037
Травень	2,87	29,0	10,20	0,45	0,091	0,036
Червень	3,25	32,0	7,80	1,15	0,056	0,067
Липень	3,52	32,0	13,60	1,17	0,082	0,087
Серпень	3,56	34,0	8,98	2,35	0,108	0,170
Вересень	3,36	36,0	11,50	1,89	0,141	0,125
Жовтень	3,35	38,0	8,80	3,67	0,113	0,051
Листопад	3,56	30,0	12,00	1,87	0,187	0,087
Грудень	3,87	32,0	10,20	1,87	0,085	0,050

Так, перевищення нормативу було зафіксовано для показника біохімічне споживання кисню (за 5 діб) в лютому, квітні, червні-грудні. Перевищення було на рівні 1,02–1,29 ГДК рибогосподарського призначення.

Показники азоту нітритного перевищували значення нормативу ГДК у травні, з липня до грудня на рівні 1,03–2,34 $ГДК_р$. Значення показників азоту

амонійного за досліджений період перевищували значення ГДК рибогосподарського призначення у період з червня до грудня в 1,15–3,67 рази.

Впродовж всього періоду дослідження води річки Мокра на даній ділянці було встановлено також перевищення нормативу за показником хімічне споживання кисню (ХСК). Перевищення цього показника було на рівні 1,87–2,53 $ГДК_р$.

Також слід зазначити, що високі концентрації розчиненого кисню у воді даного водотоку були зафіксовані у зимово-весняний період, в червні та у листопаді-грудні на рівні 10,20–13,60 мг O_2/дм^3, що позитивно впливало на процеси самоочищення річки Мокра на даній ділянці за досліджений період.

Концентрація фосфору ортофосфатів у воді р. Мокра не перевищувала значення ГДК та була в нормі і відповідала нормативам рибогосподарського призначення.

Фізико-хімічних показників якості води малої річки Мокра в районі Автовокзалу біля залізничних мостів за шість місяців 2025 року представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники води малої річки Мокра (район Автовокзалу м. Запоріжжя), 2025 р.

Місяць	$БСК_5$, мгO_2/дм^3	ХСК, мгO_2/дм^3	Розчинений кисень, мгO_2/дм^3	Амоній-іони, мг/дм^3	Нітрит-іони, мг/дм^3	Фосфат-іони, мг/дм^3
Січень	3,20	32	6,40	1,38	0,127	0,036
Лютий	3,38	33	11,30	0,56	0,052	0,045
Березень	3,15	33	11,20	1,26	0,100	0,033
Квітень	3,05	33	10,80	0,74	0,010	0,025
Травень	3,05	32	12,80	0,65	0,020	0,038
Червень	2,82	32	8,90	1,13	0,035	0,076

Виходячи із отриманих даних фізико-хімічних показників якості води можна побачити, що концентрація деяких показників перевищувала ГДК для господарсько-питних потреб ($БСК_5$, азот амонійний, азот нітритний та ХСК).

Показник біохімічного споживання кисню (за 5 діб) перевищував значення нормативу упродовж січня-травня на рівні 1,02-1,13 $ГДК_р$. Показники азоту амонійного перевищували значення ГДК у січні, березні та червні. Перевищення від нормативу було зафіксовано на рівні 1,13-1,38 $ГДК_р$. У 2025 році показники азоту нітритного перевищували значення ГДК для рибогосподарських потреб в січні та березні на рівні 1,25-1,59 $ГДК_р$. Впродовж всього періоду дослідження в цьому році показник хімічне споживання кисню перевищував норматив в 2,13–2,2 рази.

Вміст фосфору ортофосфатів у воді р. Мокра у 2025 році не перевищував значення ГДК та був у межах норми й відповідав нормативам рибогосподарського призначення.

Екологічний стан малої річки Мокра в районі другого пункту спостереження (Сімферопольська автомагістраль) у 2024–2025 роках був обумовлений змінами концентрації певних фізико-хімічних показниками, які представлені в табл. 3.3.

Виходячи із отриманих даних фізико-хімічних показників якості води можна побачити, що концентрація деяких показників перевищувала ГДК для рибогосподарських потреб (біохімічне споживання кисню за 5 діб). Показник $БСК_5$ у зазначений період дослідження постійно перевищував норматив $ГДК_р$. Перевищення нормованого значення цього показника було в 1,17–1,87 рази.

В цілому також слід зазначити, що за весь період дослідження на двох ділянках річки Мокра було виявлено перевищення рибогосподарського нормативу ГДК для азоту амонійного та азоту нітритного у 46% та 41% проб води відповідно.

За результатами дослідження (табл. 3.4) показників якості води малої річки Мокра були встановлені (розраховані) значення індексу забруднення води (ІЗВ) на двох постах спостереження. На ділянці водотоку в районі Автовокзалу біля

залізничних мостів індекс забруднення води у 2024 році змінювався в межах 0,67 (січень) – 1,67 (жовтень), а в 2025 році – 0,52 (квітень) – 1,28 (січень).

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники води малої річки Мокра (район Сімферопольської автомагістралі), 2024-2025 р.

Місяць	Завислі речовини, мг/дм^3	Розчинений кисень, мгO_2/дм^3	Амоній-іони, мг/дм^3	Нітрит-іони, мг/дм^3	Фосфат-іони, мг/дм^3	БСК$_5$, мгO_2/дм^3
2024 рік						
Червень	13,90	6,50	0,03	0,05	0,07	4,6
Вересень	15,40	6,20	0,05	0,08	0,09	5,6
Грудень	10,20	6,9	0,05	0,05	0,05	3,5
2025 рік						
Березень	12,70	6,20	0,04	0,03	0,05	4,6

На ділянці річки Мокра в районі Сімферопольської автомагістралі індекс забруднення води у 2024-2025 роках змінювався (табл. 3.5) в межах 0,62 (грудень 2024 р.) – 0,91 (вересень 2024 р.).

За результатами проведених досліджень (табл. 3.6) якість поверхневих вод малої річки Мокра на дослідженому моніторинговому посту спостереження в районі Автовокзалу м. Запоріжжя у 2024 році за індексом забруднення води (ІЗВ) у січні-травні встановлена як вода «чиста» ІІ класу якості. В червні-грудні вода водотоку характеризувалася як вода «помірно забруднена» ІІІ класу якості.

На початку 2025 року якість поверхневих вод річки Мокра у лютому, квітні-червні відповідала як вода «чиста» ІІ класу якості, а в січні та березні характеризувалась як вода «помірно забруднена» ІІІ класу якості.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку Індексу забруднення води (ІЗВ) р. Мокра в районі Автовокзалу у 2024-2025 роках

Місяць	ІЗВ	
	2024 рік	2025 рік
Січень	0,67	1,28
Лютий	0,85	0,94
Березень	0,68	1,14
Квітень	0,75	0,52
Травень	0,85	0,84
Червень	1,06	0,93
Липень	1,09	–
Серпень	1,42	–
Вересень	1,39	–
Жовтень	1,67	–
Листопад	1,42	–
Грудень	1,27	–

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку Індексу забруднення води (ІЗВ) р. Мокра в районі Сімферопольської автомагістралі у 2024-2025 роках.

Місяць	Індекс забруднення води
2024 рік	
Червень	0,74
Вересень	0,91
Грудень	0,62
2025 рік	
Березень	0,70

Таблиця 3.6 – Оцінка якості води малої р. Мокра в районі Автовокзалу у 2024–2025 роках

Місяць	Якісна оцінка ступеня забруднення			
	2024 рік		2025 рік	
	Клас якості води	Ступінь чистоти	Клас якості води	Ступінь чистоти
Січень	II	чиста	III	помірно забруднена
Лютий	II	чиста	II	чиста
Березень	II	чиста	III	помірно забруднена
Квітень	II	чиста	II	чиста
Травень	II	чиста	II	чиста
Червень	III	помірно забруднена	II	чиста
Липень	III	помірно забруднена	–	–
Серпень	III	помірно забруднена	–	–
Вересень	III	помірно забруднена	–	–
Жовтень	III	помірно забруднена	–	–
Листопад	III	помірно забруднена	–	–
Грудень	III	помірно забруднена	–	–

Якість поверхневих вод річки Мокра на ділянці в районі Сімферопольської автомагістралі в 2024-2025 роках з червня до березня відповідала «чистим водам» II класу якості, табл. 3.7.

В цілому, за результатами фізико-хімічних досліджень поверхневих вод малої річки Мокра в районі Автовокзалу та Сімферопольської автомагістралі та значеннями індексу забруднення води вода водотоку у 59% випадків відповідає «чистим водам» II класу якості і у 41% випадків відповідає «помірно забрудненим водам» III класу якості.

Таблиця 3.7 – Оцінка якості води малої р. Мокра в районі Сімферопольської автомагістралі у 2024-2025 роках.

Місяць	Якісна оцінка ступеня забруднення	
	Клас якості води	Ступінь чистоти
2024 рік		
Червень	II	чиста
Вересень	II	чиста
Грудень	II	чиста
2025 рік		
Березень	II	чиста

Погана якість води досліджених ділянок водотоку головним чином обумовлено наявністю в пробах води високої концентрації азоту амонійного та азоту нітритного – біогенних елементів, або сполук біологічного походження, тобто такі, що з’являються у водоймах внаслідок життєдіяльності живих істот, які призводять до евтрофікації водної екосистеми. Треба зазначити, що нітритний азот є найменш стійкою сполукою. Вона є проміжним продуктом біохімічного окиснення аміаку або відновлення нітратів. Наявність нітритного азоту у воді річки є свідченням фекального забруднення води. Високі концентрації нітритного азоту у воді малої річки Мокра викликають серйозне занепокоєння й привертають додаткову увагу до стану водної екосистеми, а також вимагають невідкладного виявлення та знешкодження джерел надходження забруднюючих речовин.

Також високими концентраціями характеризувалися й інші показники води – $БСК_5$ та ХСК, які перевищували ГДК для рибогосподарських потреб в середньому в 1,2 та 2,1 рази відповідно.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Тиса є важливим етапом для розуміння впливу антропогенної діяльності на водні ресурси та здоров’я населення, яке залежить від них. Однак під час виконання досліджень виникає необхідність забезпечення безпеки як для дослідників, так і для навколишнього середовища. Це вимагає дотримання певних стандартів охорони праці та готовності до надзвичайних ситуацій.

1. Охорона праці.

При проведенні екологічних досліджень у природних водних об’єктах, таких як річка Тиса, особлива увага повинна приділятися забезпеченню безпеки працівників та дотриманню вимог охорони праці. Зокрема:

– Одяг та засоби індивідуального захисту. Використання спеціалізованого одягу, взуття, рукавичок, а також засобів захисту органів дихання є обов'язковим. Це включає водонепроникні костюми, гумові чоботи та захисні маски або респіратори.

– Технічні засоби для дослідження. Обладнання для збору проб води повинно бути належним чином перевірене та відповідати вимогам безпеки. Зокрема, в лабораторних умовах необхідно забезпечити належне використання хімічних реагентів, приладів для визначення забруднювачів і дотримуватися інструкцій щодо їх застосування.

– Навчання та інструктажі. Перед початком досліджень необхідно провести інструктажі для всіх учасників щодо основних правил безпеки, техніки безпеки під час роботи з хімічними речовинами, поводження з обладнанням та випадками на виробництві.

2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Дослідження водних ресурсів може призвести до виникнення різних надзвичайних ситуацій, таких як аварії, зараження води токсичними речовинами

або повені. Для забезпечення безпеки в таких ситуаціях передбачено кілька заходів:

– Ідентифікація потенційних загроз. Для запобігання виникнення надзвичайних ситуацій важливо оцінити можливі джерела забруднення води, зокрема відходи промислових підприємств, сільськогосподарське забруднення, а також фактори природного походження, як-от паводки або зсуви ґрунту.

– План дій у разі аварії. Важливо мати чіткий план дій у випадку, якщо виявлено небезпечне забруднення води, яке може вплинути на здоров'я людей або навколишнє середовище. Це включає евакуацію працівників з небезпечної зони, проведення дегазації та нейтралізації хімічних речовин, а також інформування місцевих органів влади та екологічних служб.

– Засоби першої допомоги. У разі виникнення надзвичайної ситуації важливо мати під рукою аптечку першої допомоги, що включає необхідні медикаменти, засоби для надання першої допомоги при ураженнях, травмах, отруєннях або впливі хімічних речовин.

– Оцінка впливу надзвичайних ситуацій. Вивчення екологічних наслідків та визначення ступеня забруднення є невід’ємною частиною реагування на надзвичайні ситуації. Збір даних про рівень забруднення та його вплив на екосистему води допоможе в подальшому попередити подібні ситуації в майбутньому.

3. Дії у разі надзвичайних ситуацій

У випадку виникнення надзвичайної ситуації необхідно негайно вжити наступних заходів:

– Негайне припинення роботи в небезпечній зоні.

– Повідомлення відповідних служб (місцева адміністрація, екологічні організації, аварійно-рятувальні служби).

– Оцінка ситуації та визначення потенційних ризиків для здоров’я та навколишнього середовища.

– Здійснення евакуації персоналу за необхідності.

Вжиття термінових заходів щодо зменшення наслідків забруднення (наприклад, виведення забруднювачів з води, за необхідності очищення води за допомогою спеціальних методів).

Дотримання стандартів охорони праці та готовність до дій у разі надзвичайних ситуацій є важливими аспектами при проведенні екологічних досліджень водних ресурсів. Відповідальна поведінка дослідників, своєчасне реагування на потенційні загрози та впровадження сучасних методів безпеки допомагають мінімізувати ризики для здоров’я працівників та навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

1. Аналізуючи фізико-хімічні показники поверхневих вод малої річки Мокра на досліджених ділянках спостереження було встановлено перевищення ГДК для рибогосподарських цілей головним чином для чотирьох показників – азоту амонійного, азоту нітритного, $БСК_5$, ХСК, завислих речовин, що свідчить про органічне забруднення води даного водотоку.

2. Якість води р. Мокра в районі Автовокзалу за індексом забруднення води відповідає II–III класам якості води від «чистої» до «помірно забрудненої» води.

3. Якість води р. Мокра в районі Сімферопольської автомагістралі відповідає II класу якості води «чиста» вода.

4. В цілому перевищення рибогосподарського нормативу ГДК за $БСК_5$ та ХСК у воді річки було зафіксовано в середньому у 1,2 і 2,1 рази відповідно.

5. Концентрація азоту амонійного та азоту нітритного у воді р. Мокра перевищувала $ГДК_{р.}$ за середніми показниками в 1,8 та 1,4 разів відповідно.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хільчевський В.К. Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 3(61). С. 6–19.

2. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. Київ :Мінекоресурсів України, 2001. 48 с.

3. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (проєкт) / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. Харків : УкрНДІЕП, 2012. 37 с.

4. Хільчевський В.К. Сучасна характеристика поверхневих водних обєктів України: водотоки та водойми. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 1(59). С. 17–27.

5. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навчальний посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 75 с.

6. Наконечна Ю., Мельничук С. Методологічні та методичні проблеми гідроекологічних досліджень малих річок степу. *Науковий вісник Вінницької академії беперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування»*. 2023. Вип. 3. С. 135–142.

7. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проекту Операційного плану реалізації у 2025–2027 роках Водної стратегії України на період до 2050 року. 2025. Київ : Міндовкілля. 88 с. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/Zvit_SEO_OP_Vodnoyi-strategiyi.docx

8. Домбровський К.О., Муленко М.А., Міхіна І.І. Макрозообентос урбанізованої малої річки Мокра Московка. *Вісник Запорізького державного ун-ту: Збірник наукових праць. Фізико-математичні науки. Біологічні науки*. 2004. № 2. С. 134-137.

9. Рильський О.Ф., Домбровський К.О., Капітан О.О. Використання

Zannichellia palustris в очищенні природних вод. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2007. Вип. 9. С. 41−46.

10. Рильський О.Ф., Домбровський К.О., Гвоздяк П.І., Капітан О.О. Біосорбція комплексу іонів важких металів біоплівкою *Zannichellia palustris*. *Доповіді національної академії наук України*. 2009. № 3. С. 188−191.

11. Домбровський К.О., Гурський А.О., Кирилаха О.І. Зооперифітон річки Мокра Московка в межах м. Запоріжжя та процеси самоочищення лотичних водних екосистем. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2010. № 93. С. 111−115.

12. Домбровський К.О., Крупєй К.С. Технологічні рішення щодо розчистки русел малих річок для охорони земель від підтоплення та відновлення порушених водотоків. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2012. № 2. С. 83−89.

13. Домбровський К.О., Корж О.П. До питання про стан річки Мокра Московка. *Сучасні проблеми екології*: збірник матеріалів всеукраїнської конференції молодих вчених (Запоріжжя, 7–9 жовтня 2004 р.). Запоріжжя, 2004. С. 117−119.

14. Домбровський К.О., Кирилаха О.І., Гурський А.О. Зооперифітон штучного субстрату типу «ВІЯ» річки Мокра Московка в межах міста Запоріжжя. *Фундаментальні та прикладні дослідження в біології*: матеріали І Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених (Донецьк, 23-26 лютого 2009 р.). Донецьк, 2009. Т. 1. С. 311-312.

15. Чеботар Г.Ю., Домбровський К.О. Визначення стану угруповань макрозообентосу річки Мокра Московка за їх структурними показниками. Сучасні проблеми екології та геотехнологій: тези VI Міжнародної наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів (Житомир, 18-20 бер. 2009 р.). Житомир : ЖДТУ, 2009. С. 90-91.

16. Домбровський К.О., Крупєй К.С. Життєві форми макрозообентосу річки Мокра Московка. *Фундаментальні та прикладні дослідження в біології*: матеріали ІІ Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих

учених (Донецьк, 19-22 вересня. 2011 р.). Донецьк, 2011. С. 53.

17. Домбровський К.О., Рильський О.Ф. Мікро- та макрофауна донних безхребетних гирлової ділянки малої річки Мокра Московка в межах міста Запоріжжя. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2022. № 29. С. 85-94. URL: https://doi.org/10.31481/uhmj.29.2022.07

18. Рильський О.Ф., Домбровський К.О., Воронова Н.В., Горбань В.В., Дударєва Г.Ф., Притула Н.М. Екологічні аспекти формування біорізноманіття р. Мокра Московка. *Екологічні науки*. 2023. № 4(49). С. 73-81. URL: https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.10

19. Бобровський А.Л. Екологія поверхневих вод: підручник для студентів ВНЗ: у 2 кн. Книга 1: Гідроекосистеми основні поняття і принципи. Рівне : Рівненський ін-т слов'янознавства Київського славістичного ун-ту, 2005. 319 с.

20. Бобровський А.Л. Екологія поверхневих вод: підручник для студентів ВНЗ: у 2 кн. Книга 2: Основи інженерного управління гідроекологічними процесами. Рівне : Рівненський ін-т слов'янознавства Київського славістичного ун-ту, 2005. 330 с.

21. Бобровський А.Л. Питання оцінки впливу на навколишнє середовище: монографія. Рівне : Принт Хауз, 2014. 543 с.

22. Клименко М.О., Залеський І.І. Збалансоване використання водних ресурсів: навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2016. 337 с.

23. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона: навчальний посібник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2015. 172 с.

24. Сташук В.А., Мокін В.Б., Гребінь В.В., Чунарьов О.В. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія. / за ред. В. А. Сташука. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 250 с.

25. Раціональне використання та відновлення водних ресурсів. Монографія. / за заг. ред. В. П. Фещенка. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 250 с.

26. Яцик А.В. Водогосподарська екологія. Київ : Генеза, 2003. Т. 1, кн. 1–

2. 400 с.

27. Грицик В., Канарський Ю., Бедрій Я. Екологія довкілля. Охорона природи: навчальний посібник для студентів ВНЗ. Київ : Кондор, 2018. 290 с.

28. Хімко Р.В., Мережко О.І., Бабко Р.В. Малі річки – дослідження, охорона, відновлення. Київ : Інститут екології, 2003. 380 с.

29. Шкатула Ю.М. Практикум з охорони і раціонального використання природних ресурсів та рекультивації земель. Навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2015. 149 с.

30. Гарасевич І. Характеристика гідрохімічного режиму степових річок північно-західного Причорномор'я. *Ойкумена (Український екологічний вісник)*. 1992. № 5–6. С. 14–19.

31. Петроченко В.І. Природа Запорізького краю: Довідник. Запоріжжя : «Тандем Арт Студія», 2009. 200 с.

32. Фізична географія Запорізької області: Хрестоматія / Відп. ред. Л.М. Даценко. Мелітополь : Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 200 с.

33. Воровка В.П., Маценко А.Л., Чуваєва О., Дереза І. Екологічний стан та екологічне значення річок Запорізької області / Екологічні дослідження річкових басейнів Лівобережної України : збірник наукових праць. Суми : СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2002. С. 101-106.

34. Корж О.П., Стрижак М.М., Волох А.М. та ін. Екологія рідного краю: Підручник для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. Запоріжжя : Прем'єр, 2009. 112 с.

35. Поліщук В.В. Малі річки України та їх охорона. Київ : Знання. 1988. 32 с.

36. Програма моніторингу довкілля Запорізької області / В.В. Головін, Н.І. Гаращук, В.Т. Коба та ін. Запоріжжя : ЗМДКД «Дніпропетровський металург», 2001. 180 с.

37. Рильський О.Ф., Петруша Ю.Ю., Притула Н.М., Домбровський К.О., Безуглий М.Д. Особливості застосування технології доочистки стічних вод для зрошення сільськогосподарських земель в умовах глобальних змін клімату. Агроекологічний журнал. 2026. № 1. С. 122-130.

38. Dombrovskyi K.O., Rylskyi A.F., Gvozdiak P.I., Sherstoboieva O.V., Petrusha Yu.Yu. Distribution of inorganic nitrogen compounds in purification of storm wastewater of the engine-building manufactory. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. №2. P. 112-118. URL: https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/112

39. Rylskyi O., Dombrovskyi K., Gvozdyak P. Efficiency of fibrous carrier use in biotechnologically intensified process of additional treatment of industrial wastewater from petroleum products. *Environmental problems*. 2018. Vol. 3, No. 3. P. 167–172. URL: https://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-3-number-3-2018/efficiency-fibrous-carrier-use-biotechnologically

40. Домбровський К.О., Шульгіна К.Є., Єфремова А.В. Пропозиції щодо відновлення сприятливого екологічного стану різнотипних водойм м. Запоріжжя у зв'язку із зміною клімату. *Еко Форум – 2020*: збірник тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму (Запоріжжя, 15–17 жовтня, 2020 р.). Запоріжжя, 2020. С. 70–73.

41. ДСП 173-96: Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: Додаток 11 «Гігієнічні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування» / Затвердженого наказом МОЗ України від 19.06.1996 р. №173, зі змінами – накази МОЗ України від 2007, 2009, 2018 рр. – Документ z0379-96, поточна редакція від 07.03.2019. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text

42. ДСТУ 4808:2007: Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=53159

43. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню – БСК-5, хімічного споживання кисню – ХСК, завислих речовин та амонійного азоту) / Затверджено наказом Мінагрополітики

України від 30.07.2012 р. № 471. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1369-12#Text

44. Хільчевський В.К., Лета В.В. Комплексна оцінка якості води р. Тиса. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т. 3(42). С. 50–56.

45. Лісняк А.А., Кулик М.І. Оцінка якості питної води з природних джерел у межах міста Харкова. *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2022. Випуск 27. С. 20–31.

46. Мудрак О.В., Клочанюк В.В. Екологічна оцінка поверхневих вод басейну річки Згар. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 10. С. 237–245.

47. Мудрак О.В., Хаєцький Г.С., Мудрак Г.В., Серебряков В.В. Оцінка екологічного стану малих річок Східного Поділля в контексті сталого розвитку регіону. *Екологічні науки*. 2022. № 6 (45). С. 132–138. URL: https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.21.

48. Скок С.В. Методичні аспекти оцінки впливу міських стічних вод на якість річки Дніпро. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2(8). С. 251–267.

49. Домбровський К.О., Рильський О.Ф. Урбоекологія : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія», освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 124 с.

50. Кузик І., Вітенко І., Царик В. Геоекологічна оцінка структури землекористування басейну малої річки Гніздечна. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2022. № 1(52). С. 219-225. DOI: https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.1.26

51. Малі річки Запоріжжя – громадське дослідження екосистем Дніпра та його приток: Анотований звіт за результатами досліджень. / за ред. М. Сороки та Т. Жавжарової. Запоріжжя : Вісник ГО «Екосенс». 2025. № 2. 40 с. URL: https://vidnova.info/wp-content/uploads/2025/05/2025-Smoll-rivers-Zp-research.pdf