

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу та енергетики
Кафедра прикладної екології та хімії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «**Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми
річки Оріль**»

401-СЕ № 10291694 ПЗ

Виконала студентка групи 401-СЕ
спеціальності 101 Екологія

А.О. Юнак

Керівник:
д.т.н., професор

В. Ф. Фролов

Рецензент к.т.н.,
доцент кафедри буріння та технології
Національного університету
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

О. В. Матяш

Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу та енергетики
Кафедра прикладної екології та хімії
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ (Ілляш О.Е.)

(підпис)

(ПІБ)

_____ 20__ року

(дата)

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ЮНАК АНАСТАСІЇ ОЛЕКСАНДРІВНІ

1. 1. Тема роботи **«Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль».**

Керівник роботи **Фролов Валерій Федорович**, д.т.н., професор, затверджені наказом ректора Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка від _____ року №_____

2. Строк подання студентом роботи _____ року
(дата)

3. Вихідні дані до роботи: Водний кодекс України, Земельний кодекс України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», методичні вказівки та нормативні документи щодо оцінювання якості поверхневих вод і розрахунку індексу забрудненості води (ІЗВ). Статистичні та фондові матеріали екологічного моніторингу басейну річки Оріль, гідрохімічні показники якості води, результати власних натурних обстежень та фотофіксації стану захисної дамби і шлюзу-регулятора в районі с. Нехвороща.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Розділ 1. Теоретичні основи дослідження водних екосистем. Розділ 2. Характеристика річки Оріль та її екосистеми. Розділ 3. Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль. Розділ 4. Заходи щодо зменшення антропогенного впливу на екосистему річки Оріль

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): рисунки, картографічний матеріал, ілюстрації, електронна презентація, вісім аркушів формату А3, титульний та заключний аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування теми, визначення мети, об'єкта та предметів дослідження	13.09.2025	
2	Робота із літературними та інформаційними джерелами (аналіз нормативно-методичних підходів до оцінки водних екосистем)	23.09.2025	
3	Опрацювання теоретико-методологічних основ комплексного моніторингу річкових басейнів відповідно до ВРД ЄС	23.09.2025-07.10.2025	
4	Збір, систематизація та камеральна обробка фондових, статистичних та гідрохімічних даних щодо басейну річки Оріль	07.10.2025-13.10.2025	
5	Фізико-географічна характеристика басейну річки Оріль та аналіз факторів загального антропогенного навантаження	14.10.2025-31.10.2025	
6	Оцінка сучасного екологічного стану річки на досліджуваному трансекті (створи: с. Єфремівка – с. Нехвороща – с. Обухівка) з розрахунком індексу ІЗВ	13.11.2025-16.03.2026	
7	Детальний аналіз процесів локальної гідроморфологічної трансформації русла в районі розташування шлюзу та дамби у с. Нехвороща	19.04.2026-04.05.2026	
8	Наукове обґрунтування природоохоронних заходів, розрахунок прогнозної ефективності екологічної ревіталізації річки Оріль та створення біоплато	15.04.2026-20.05.2026	
9	Апробація результатів досліджень (участь у науково-практичних конференціях, підготовка публікацій за темою диплому)	04.05.2026-28.05.2026	
10	Оформлення графічної частини роботи, розробка карт-схем, інфографік та картографічного матеріалу	03.06.2026-10.06.2026	
11	Остаточне виготовлення пояснювальної записки, підготовка ілюстративних матеріалів доповіді та презентації для ДЕК	11.06.2026-18.06.2026	
12	Захист кваліфікаційної роботи.	24.06.2026	

Студентка _____

Юнак А. О.

(підпис)

Керівник роботи _____

Фролов В. Ф.

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Юнак А. О. Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 101 «Екологія» за освітньо-професійною програмою «Екологія». – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох логічно пов'язаних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 48 найменувань та графічних додатків. Загальний обсяг бакалаврської роботи викладено на 81 сторінках комп'ютерного тексту, містить таблиці, формули та рисунки.

Мета дослідження: оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль (на відрізку від села Єфремівка через село Нехворощу до села Обухівка) та обґрунтування заходів щодо зменшення цього впливу.

Об'єкт дослідження: водні екосистеми річки Оріль в умовах інтенсивного антропогенного навантаження.

Предмет дослідження: процеси трансформації гідрохімічних, гідроморфологічних та біотичних параметрів річки Оріль під впливом господарської діяльності та шляхи їх екологічного відновлення.

У роботі узагальнено теоретико-методологічні основи дослідження екологічного стану малих та середніх річок України. Проаналізовано ключові фактори деградації поверхневих вод під впливом гідроморфологічної трансформації та хімічного забруднення, а також розглянуто сучасні міжнародні та вітчизняні підходи до екологічної ревіталізації водних об'єктів. Здійснено детальний аналіз фізико-географічних, гідрологічних та водогосподарських особливостей басейну річки Оріль. Особливу увагу надано наслідкам масштабної гідротехнічної перебудови кінця ХХ століття (будівництво каналу Дніпро–Донбас та штучна зміна гирла) та оцінці рівня сучасного техногенного навантаження на водозбірну площу річки.

Проведено комплексну оцінку та виявлено закономірності просторової диференціації якості води в басейні річки Оріль. На основі розрахунку інтегрального Індексу забрудненості води (ІЗВ) встановлено стрімку деградацію гідроекосистеми вниз за течією: від еталонного стану у верхній течії (село Єфремівка, ІЗВ = 0,65, II клас якості, «чиста вода», мінімальний ризик) та помірного антропогенного навантаження в середній течії (село Нехвороща, ІЗВ = 1,65, III клас якості, «помірно забруднена вода»), де фіксуються початкові деструктивні зміни біоценозу, до критичного стану в нижній течії (село Обухівка, ІЗВ = 3,00, IV клас якості, «забруднена вода»). Деталізовано розрахунок ІЗВ для нижньої течії як зони найвищого екологічного напруження, де частковий індекс небезпеки формується за рахунок синергетичного ефекту від хронічного літнього дефіциту розчиненого кисню ($4,2 \text{ мг/дм}^3$), а також значних перевищень ГДК за сполуками заліза загального ($K = 7,2$) та нафтопродуктами ($K = 3,0$). Доведено, що мультиплікативний ефект токсикантів у придонному шарі нижньої течії веде до формування високого рівня ризику для біоти та супроводжується деградацією іхтіоценозів і угруповань макробезхребетних.

Досліджено характер деградаційних сукцесій біотичного компоненту (зообентосу, макрофітів та іхтіофауни) під впливом антропогенного пресу та детально проаналізовано кейс гідроморфологічного порушення через функціонування захисної дамби і неробочого шлюзу-регулятора у селі Нехвороща. Запропоновано розширений комплекс інженерно-екологічних та фітомеліоративних заходів ревіталізації річкового русла. За допомогою прогностичного математичного моделювання доведено, що впровадження рекомендованих ревіталізаційних заходів та відновлення проточності дозволить понизити інтегральне забруднення нижньої течії річки у 2,1 рази (із переведенням підсумкового показника до ІЗВ = 1,40), що забезпечить стійкий перехід водної системи до III класу якості («помірно забруднена вода») та запуск механізмів природного гомеостазу.

Ключові слова: річка Оріль, антропогенне навантаження, гідроморфологічна трансформація, індекс забрудненості води (ІЗВ), евтрофікація, екологічна ревіталізація, шлюз-регулятор, біоплато.

ABSTRACT

Yunak A. O. Assessment of Anthropogenic Impact on the Water Ecosystems of the Orel River. – Manuscript.

Qualification work for the first (Bachelor's) degree of higher education in Speciality 101 «Ecology» under the educational and professional program «Ecology». – National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, 2026.

Structure and volume of the work. The qualification work consists of an introduction, four logically interconnected chapters, general conclusions, a list of references including 48 items, and graphical appendices. The total volume of the bachelor's thesis is presented on 81 pages of computer text and contains tables, formulas, and figures.

The aim of the research is a comprehensive assessment of the current ecological state of the upper, middle, and lower reaches of the Orel River in the section from Yefremivka village to Obukhivka village under cumulative anthropogenic pressure, and the substantiation of a basin-wide strategy for its hydromorphological and chemical revitalization.

Object of the research: the water ecosystem of the Orel River under intensive anthropogenic load.

Subject of the research: the transformation processes of hydromorphological, hydrochemical, and biotic parameters of the Orel River under the influence of economic activities, and the pathways for their ecological recovery.

Main content of the chapters of the qualification work:

In Chapter 1, the theoretical and methodological foundations of studying the ecological state of small and medium rivers in Ukraine are summarized. The key factors of surface water degradation under the influence of hydromorphological transformation and chemical pollution are analyzed, and modern international and domestic approaches to the ecological revitalization of water bodies are reviewed.

In Chapter 2, a detailed analysis of the physiographic, hydrological, and water management characteristics of the Orel River basin is carried out. Particular

attention is paid to the consequences of the large-scale hydrotechnical reconstruction of the late XX century (the construction of the Dnieper–Donbas canal and the artificial modification of the river mouth) and the assessment of the current anthropogenic load level on the river catchment area.

In Chapter 3, a comprehensive assessment is conducted, and the regularities of spatial differentiation of water quality in the Orel River basin are identified. Based on the calculation of the integral Water Pollution Index (WPI), a sharp degradation of the hydroecosystem downstream is established: from the reference state in the upper reaches (Yefremivka village, WPI = 0,65, class II of water quality, «clean water», minimal risk) and moderate anthropogenic load in the middle reaches (Nekhvoroshcha village, WPI = 1,65, class III of water quality, «moderately polluted water»), where initial destructive changes in the biocenosis are recorded, to a critical state in the lower reaches (Obukhivka village, WPI = 3.00, class IV of water quality, «polluted water»). The calculation of WPI for the lower reaches as a zone of the highest ecological tension is detailed, where the partial hazard index is formed due to the synergetic effect of chronic summer dissolved oxygen deficiency (4.2 mg/dm^3), as well as significant exceedances of Maximum Allowable Concentrations (MAC) for total iron compounds ($K= 7.2$) and petroleum products ($K= 3.0$). It is proven that the multiplicative effect of toxicants in the near-bottom layer of the lower reaches leads to the formation of a high level of risk for biota and is accompanied by the degradation of the ichthyocenosis and macroinvertebrates.

In Chapter 4, the nature of degradational successions of the biotic component (zoobenthos, macrophytes, and ichthyofauna) under anthropogenic pressure is investigated, and the case of hydromorphological disruption due to the functioning of a protective dam and an inoperable regulator sluice in Nekhvoroshcha village is analyzed in detail. An expanded complex of engineering-ecological and phytomeliorative measures for river channel revitalization is proposed. Using predictive mathematical modeling, it is proven that the implementation of the recommended revitalization measures and the restoration of flow capacity will reduce the integral pollution of the lower reaches of the river by 2,1 times (with the

shift of the final indicator to $WPI = 1.40$), which will ensure a sustainable transition of the aquatic system to class III of water quality («moderately polluted water») and the launch of natural homeostasis mechanisms.

Keywords: Orel River, anthropogenic load, hydromorphological transformation, Water Pollution Index (WPI), eutrophication, ecological revitalization, regulator sluice, bioplato.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	15
1.1. Поняття про водні екосистеми та структура.....	15
1.2. Основні види антропогенного впливу на водні об'єкти.....	17
1.3. Екологічні показники оцінки стану водних екосистем.....	19
1.4. Нормативно-правова база охорони водних ресурсів в Україні.....	21
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РІЧКИ ОРІЛЬ ТА ЇЇ ЕКОСИСТЕМИ	
2.1. Загальна фізико-географічна характеристика річки Оріль.....	24
2.2. Гідрологічні та гідрохімічні особливості.....	26
2.3. Біорізноманіття водних екосистем басейну річки Оріль.....	29
2.4. Сучасний екологічний стан річки.....	33
Висновки за розділом 2.....	36
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ ОРІЛЬ.....	37
3.1. Основні джерела антропогенного навантаження.....	37
3.2. Аналіз якості води (за основними показниками).....	39
3.3. Вплив господарської діяльності на екосистеми річки.....	42
3.4. Оцінка екологічних ризиків та рівнів забруднення води в річці.....	45
Висновки за розділом 3.....	49
РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЕКОСИСТЕМУ РІЧКИ ОРІЛЬ.....	51
4.1. Основні напрями покращення стану водних екосистем.....	51
4.2. Природоохоронні заходи для річки Оріль.....	54
4.3. Перспективи відновлення екологічного стану.....	59

					401-СЕ № 10291694 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		А.О.Юнак					10	85
<i>Перевір.</i>		В.Ф.Фролов				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Висновки за розділом 4.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ.....	75

					401-СЕ № 10291694 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		А.О.Юнак			Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		В.Ф.Фролов					10	85
<i>Консультант</i>						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут <i>нафти і газу</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах інтенсивного антропогенного навантаження та глобальних кліматичних змін проблема збереження та відновлення малих і середніх річок України набуває стратегічного екологічного значення. Особливе місце серед таких об'єктів посідає річка Оріль – унікальна за своєю біорізноманітністю артерія степової зони України, яка впродовж другої половини ХХ століття зазнала масштабної гідротехнічної перебудови, пов'язаної із функціонуванням магістрального каналу Дніпро–Донбас та спорудженням захисних лінійних споруд.

На сьогодні нижня течія річки Оріль перебуває у кризовому стані через дію кумулятивного антропогенного пресу. Поєднання хронічного хімічного забруднення (агрохімічного дифузного стоку, нерегульованих комунальних скидів) із глибокою гідроморфологічною трансформацією русла призвело до критичного уповільнення гідродинаміки потоку, прогресуючого замулення, літньої гіпоксії та антропогенної евтрофікації. Традиційні підходи до пасивного моніторингу водних об'єктів більше не спроможні зупинити деградаційні сукцесії річкового біоценозу. Потреба у переході від констатації збитків до активного басейнового управління та практичного впровадження інженерно-екологічних рішень із ревіталізації (екологічного відновлення) річки Оріль зумовлює високу актуальність, наукову та практичну значущість теми дослідження.

Мета дослідження: оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми верхньої, середньої та нижньої течії річки Оріль (на відрізку від села Єфремівка до села Обухівка з особливою увагою до району села Нехвороща) та обґрунтування заходів щодо його зменшення.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі **основні завдання:**
– узагальнити теоретико-методологічні основи дослідження процесів деградації та методів екологічної ревіталізації малих і середніх річок в умовах інтенсивного антропогенезу;

- проаналізувати фізико-географічні, гідрологічні та водогосподарські характеристики басейну річки Оріль, а також оцінити масштаб техногенної трансформації її руслових систем;
- здійснити комплексну оцінку якості води у верхній, середній та нижній течії річки Оріль за основними фізико-хімічними показниками та розрахувати інтегральний Індекс забрудненості води (ІЗВ);
- оцінити характер антропогенного впливу на біотичні компоненти (макрофіти, зообентос, іхтіофауну) та визначити напрями основних екосистемних сукцесій;
- провести натурне обстеження та детальний аналіз інженерно-екологічного стану захисної земляної дамби і занедбаного шлюзу-регулятора в районі села Нехвороща;
- розробити та науково обґрунтувати загальнобасейнові та локальні природоохоронні заходи для екологічного відновлення річки Оріль;
- виконати прогностичний математичний розрахунок інтегральних екологічних індикаторів для оцінки ефективності запропонованої стратегії ревіталізації річки Оріль.

Об’єкт дослідження: екологічний стан водних екосистем річки Оріль у районі села Нехвороща в умовах інтенсивного антропогенного навантаження.

Предмет дослідження: закономірності трансформації гідрохімічних, гідроморфологічних та біотичних параметрів річки Оріль під впливом господарської діяльності та методи їх керованого екологічного відновлення.

Теоретичне значення результатів досліджень. На основі системного підходу поглиблено уявлення про характер взаємозв’язку між гідроморфологічною трансформацією русла річок степової зони України та інтенсифікацією процесів антропогенної еутрофікації й вторинного органічного забруднення. Подальшого розвитку набуло математичне моделювання залежності концентрації розчиненого кисню та індексу забрудненості води (ІЗВ) від зміни гідродинамічних параметрів потоку та створення прибережних захисних смуг.

Практичне значення результатів дослідження. Запропоновані у роботі проєктні рішення, що поєднують технічну санацію шлюзу-регулятора у селі Нехвороща, формування 50-100-метрових залужених буферних зон та створення макрофітних біоплато, можуть бути використані Регіональним офісом водних ресурсів, органами місцевого самоврядування та екологічними інспекціями при розробленні та коригуванні Планів управління річковими басейнами (ПЛРБ). Результати оцінення стану деревного ярусу на укосах дамби можуть слугувати методичною основою для проведення біоармування земляних гідротехнічних споруд Приорілля.

Кваліфікаційна робота виконана на кафедрі прикладної екології та хімії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» впродовж 2025-2026 років загальноприйнятими в науці, екології та охороні природи методами, основними з яких є аналіз, узагальнення, систематизація, порівняння, описовий, із спеціальних – методи математичного моделювання, та розрахунково-аналітичного визначення індексу забрудненості води (ІЗВ).

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох логічно пов'язаних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 48 найменувань та графічних додатків. Загальний обсяг бакалаврської роботи викладено на 85 сторінках машинописного тексту, містить прогностичну матрицю-таблицю, математичні формули розрахунку ІЗВ та посилання на додатки натурної фотофіксації об'єктів. Основний текст роботи висвітлено на 69 сторінках.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1. Поняття та структура водних екосистем

Водна екосистема (гідроекосистема) – це складна цілісна система, що формується в межах водного об'єкта, де живі організми та неорганічне середовище пов'язані між собою постійним обміном речовин, енергії та інформації [31]. Вона розглядається як функціональна єдність біотопу (абіотичних чинників) та біоценозу (популяцій гідробіонтів).

Структурно-функціональна організація гідроекосистеми включає дві ключові взаємопов'язані компоненти:

1. **Абіотична компонента (Біотоп):** фізико-хімічний «каркас» системи, що визначає умови життєдіяльності організмів. Включає:

- *гідрологічні чинники:* температурний режим, швидкість течії, прозорість, каламутність та глибину [11];
- *донні відкладення:* склад ґрунтів дна (пісок, мул, каміння), які слугують субстратом для бентосу й акумулюють речовини [23];
- *хімічні параметри:* мінералізація, рН, вміст розчинених газів (O_2 , CO_2) та концентрація біогенних елементів (N, P) [32].

2. **Біотична компонента (Біоценоз):** сукупність гідробіонтів, що поділяються на три функціональні групи відповідно до їхньої ролі в біологічному кругообігу:

- *продуценти (автотрофи):* створюють первинну органічну речовину шляхом фотосинтезу (фітопланктон, вища водна рослинність / макрофіти) [33];
- *консументи (гетеротрофи):* забезпечують передачу енергії по трофічних ланцюгах (зоопланктон, безхребетні бентосу, іхтіофауна) [19];
- *редуценти (сапротрофи):* мінералізують відмерлу органіку до простих солей, доступних для продуцентів (бактерії, гриби) [14].

Порівняльну характеристику основних екологічних груп гідробіонтів річкових систем наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика основних екологічних груп гідробіонтів у річкових екосистемах

Екологічна група гідробіонтів	Основні представники	Місце перебування в екосистемі	Функціональна роль
Фітопланктон	Діатомові, зелені, синьо-зелені водорості	Товща води (пелагіаль), верхні освітлені шари	Первинне продукування органічної речовини, насичення води киснем.
Зоопланктон	Представники систематичних груп Коловертки, гіллястовусі та веслоногі ракоподібні	Товща води	Споживання фітопланктону та бактерій, є кормовою базою для риб.
Нектон	Риби (щука, плітка, окунь), водні ссавці	Товща води, активне переміщення	Регулювання чисельності нижчих ланок, перенесення енергії.
Бентос	Молюски, черви, личинки комах	Дно річки (бенталь), донні відкладення	Утилізація детриту, участь у процесах самоочищення.
Перифітон	Прикріплені водорості, мохоподібні, гідри	Поверхня каменів, вищих рослин, паль	Додаткове продукування кисню, біологічна фільтрація води.
Макрофіти	Представники вищих рослин родів Очерет, Рогіз, Латаття, Глечики, Ряска, Кушир, Водяний жовтець, Жабурник, Кушир, Рдест	Прибережна зона (літораль), поверхня води	Захист берегів, створення місць нересту, поглинання біогенів.

Примітка. Систематизовано та доповнено автором на основі аналізу узагальнюючих гідробіологічних праць В. Д. Романенка [30] та О. М. Маренкова [21].

Специфікою річкових екосистем є їхній лотічний (проточний) характер, де структура біоценозу безпосередньо залежить від швидкості течії та паводкового режиму. Значна частина енергії у такі системи надходить ззовні у вигляді

алохтонної органічної речовини, що підвищує екологічну роль прибережних зон (екотонів) [43]. Саморегуляція гідроекосистеми базується на принципі гомеостазу, проте інтенсивне антропогенне навантаження здатне зруйнувати внутрішні зв'язки та ініціювати деградаційні процеси [34].

1.2. Основні види антропогенного впливу на водні об'єкти

Під антропогенним впливом на водні екосистеми розуміють сукупність прямих або опосередкованих змін у гідросфері, спричинених діяльністю людини, що призводять до порушення природного балансу, погіршення якості води та трансформації біоценозів [18]. Сучасна класифікація виділяє кілька основних напрямів цього впливу:

1. Хімічне забруднення:

- *токсичне забруднення*: надходження важких металів (Hg, Pb, Cd), пестицидів та нафтопродуктів. Ці речовини піддаються біоаккумуляції, що призводить до отруєння організмів по всьому трофічному ланцюгу [24];
- *евтрофікація*: надмірне надходження біогенних елементів (сполук N та P) із агроландшафтів та зі стічними водами. Це провокує спалахи масового розмноження водоростей («цвітіння» води), дефіцит кисню та заморні явища [42].

2. Гідроморфологічна трансформація:

- *зарегулювання стоку*: будівництво дамб, каналів та водосховищ, що мінімізує швидкість течії, змінює термічний режим та затримує твердий стік;
- *руслові роботи*: випрямлення русла, ерозійне поглиблення, що руйнує нерестовиська та біотопи бентосу [39];
- *меліорація*: осушення заплав, що ліквідує природні гідробіологічні фільтри річки [37].

3. Фізичне та біологічне забруднення:

- *теплове забруднення*: скидання підігрітих вод промислових об'єктів, що порушує газовий баланс та інтенсифікує метаболізм гідробіонтів;
- *засмічення*: накопичення пластику та твердих побутових відходів у руслі;
- *біологічне забруднення*: інвазії чужорідних видів, які витісняють аборигенну флору та фауну, або потрапляння патогенної мікрофлори [1].

Класифікацію основних джерел впливу та їхніх наслідків наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Класифікація основних джерел та наслідків антропогенного навантаження на річки

Джерело впливу	Основні забруднювачі / Чинники	Наслідки для екосистеми
Сільське господарство	Пестициди, мінеральні добрива, органічні стоки	Евтрофікація, токсичне отруєння, замулення русла.
Промисловість	Важкі метали, нафтопродукти, феноли	Хімічна деградація води, зникнення чутливих видів риби.
Житлово-комунальне господарство	Синтетичні мийні засоби (фосфати), бактерії	«Цвітіння» води, мікробіологічні ризики.
Гідротехнічне будівництво	Дамби, канали, зміна течії	Втрата зв'язку з заплавою, уповільнення самоочищення.

Примітка. Систематизовано та узагальнено автором на основі аналізу екологічних праць В. І. Осадчого [27] та В. К. Хільчевського [36].

Варто наголосити на понятті **кумулятивного ефекту**: негативні чинники підсилюють один одного. Наприклад, уповільнення течії через дамби (гідроморфологічний вплив) посилює негативні наслідки від фосфатів (хімічний вплив), оскільки річка втрачає здатність до швидкого розбавлення та винесення забруднювачів [30].

Для цілісного розуміння механізму деградації річкової екосистеми під впливом людини доцільно розглянути логічну схему взаємодії основних чинників (рис. 1.1).

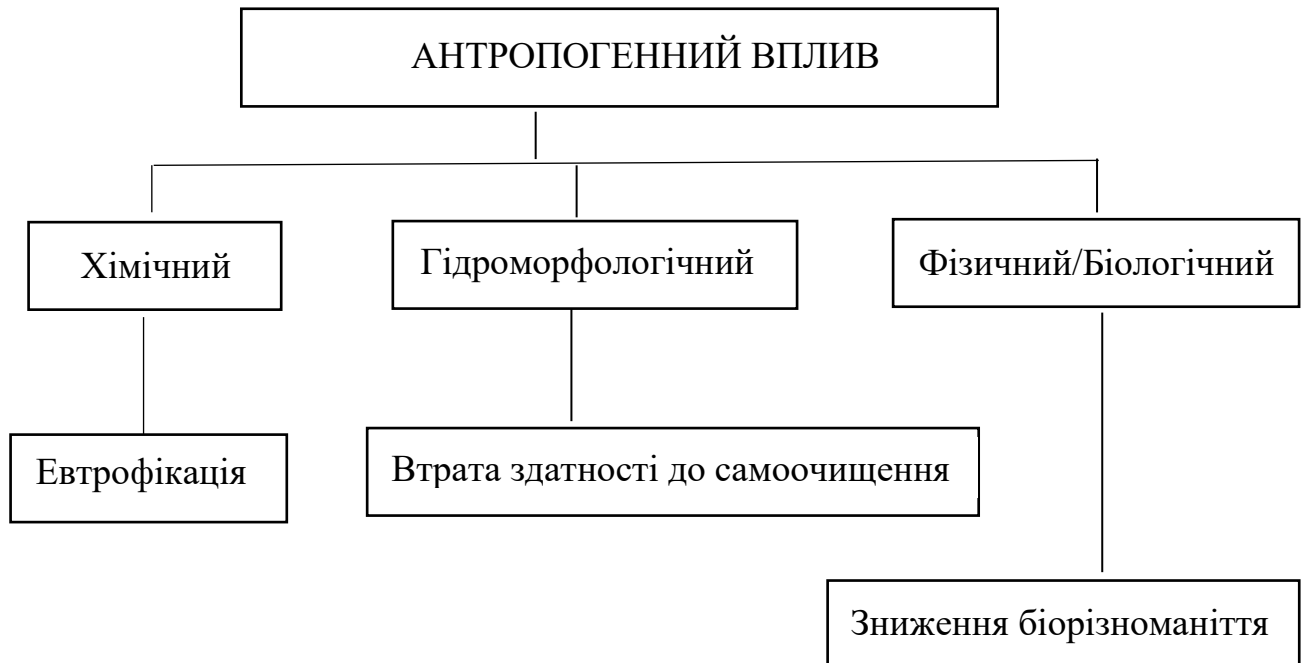


Рис. 1.1. Модель антропогенної трансформації річкової екосистеми

Як демонструє наведена схема (рис. 1.1), вплив людини має розгалужений характер. Зокрема, сільськогосподарська діяльність є основним постачальником пестицидів та добрив, що призводить до хімічного отруєння та евтрофікації. Водночас гідротехнічне втручання змінює фізику річки, що в поєднанні з хімічним фактором створює кумулятивний ефект, за якого річка втрачає здатність до швидкого розбавлення та винесення забруднювачів [30].

1.3. Екологічні показники оцінки стану водних екосистем

Для об'єктивної оцінки ступеня деградації водного об'єкта та визначення рівня його екологічної безпеки застосовується система інтегральних та

часткових показників, які трансформують складні біогеохімічні процеси у кількісні характеристики [35].

Систему екологічних індикаторів традиційно поділяють на три базові групи:

1. **Гідрохімічні показники:** відображають поточний хімічний склад води. Основним інструментом порівняння є Гранично допустимі концентрації (ГДК) [24]. Ключовими реперними параметрами є:

- *вміст розчиненого кисню (O_2):* головний маркер деградації річки (падіння концентрації < 4 мг/дм³ свідчить про гостру гіпоксію);
- *БСК₅ та ХСК:* біохімічне та хімічне споживання кисню, що вказують на рівень навантаження водойми органікою [11];
- *Індекс забрудненості води (ІЗВ):* розрахунковий показник на основі концентрацій пріоритетних токсикантів та біогенів.

2. **Гідробіологічні показники:** демонструють довгострокову «екологічну пам'ять» системи про антропогенний прес [14]. Включають:

- *Індекс Пантле-Букка (сапробність):* оцінка органічного забруднення за списками видів-індикаторів із виділенням оліго-, мезо- та полісапробних зон [22];
- *Індекс Шеннона (видове різноманіття):* кількісний критерій стійкості біоценозу. Його зниження є прямим наслідком екологічного стресу.

3. **Гідроморфологічні та токсикологічні показники:** оцінка ступеня штучної зміни русла й берегової лінії, наявності міграційних бар'єрів та результати біотестування (відгук тест-об'єктів на інтегральну токсичність середовища) [10].

Класифікацію критеріїв оцінки екологічного стану поверхневих вод наведено в таблиці 1.3.

**Класифікація показників екологічного стану
річкових екосистем [24]**

Група показників	Ключові параметри	Що саме оцінюється
Фізико-хімічні	Температура, прозорість, рН, завислі речовини	Фізичний комфорт середовища для гідробіонтів
Хімічні (біогени)	Азот загальний, фосфати, нітрити	Ступінь евтрофікації та ризик «цвітіння» води
Специфічні токсичні	Важкі метали, пестициди, феноли	Рівень токсичного навантаження та небезпека для життя
Біологічні	Фітопланктон, макрозообентос, іхтіофауна	Реакція живої природи на зміну якості середовища

Примітка. Систематизовано автором на основі [24; 35].

Сучасний вектор екологічного моніторингу в Україні, відповідно до вимог Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС (ВРД ЄС), передбачає перехід від фіксації поодиноких концентрацій речовин до визначення інтегрального «екологічного статусу» шляхом порівняння фактичних деструктивних змін об'єкта з його еталонним природним станом [31].

1.4. Нормативно-правова база охорони водних ресурсів в Україні

Нормативно-правова база України в галузі охорони водних ресурсів орієнтована на гармонізацію з європейським екологічним законодавством і базується на принципах сталого природокористування [20].

Базовим документом регулювання є **Водний кодекс України**, який встановлює правові засади раціонального використання вод, регламентує обов'язки щодо збереження водності та визначає межі прибережних захисних смуг. Останнє є критично важливим для малих і середніх річок (таких як річка Оріль) із метою захисту від алювіального замулення та дифузного агрохімічного змиву [48].

Правовий каркас екологічного захисту гідросфери формують такі законодавчі акти:

1. *Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»:* декларує базові екологічні права, ліміти природокористування та фінансово-економічні механізми стягнень за забруднення [12].
2. *Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку»:* забезпечує інтеграцію екологічних вимог та оцінку потенційних ризиків на етапі проектування і планування програм розвитку території [20].
3. *Постанова Кабінету Міністрів України № 758:* затверджує уніфікований «Порядок здійснення державного моніторингу вод», що легалізує басейновий алгоритм збору гідрохімічних та гідробіологічних даних [44].

Впровадження положень **Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС (ВРД ЄС)** нормативно закріпило перехід від застарілого адміністративно-територіального до басейнового принципу управління [31]. Відповідно до цього підходу, екосистема річки Оріль розглядається не як відокремлена одиниця, а як суббасейн у структурі головного басейну річки Дніпра. Це вимагає транскордонної координації екологічних програм усіх територіальних громад у межах водозбірної площі для дотримання екологічних нормативів якості (ЕНЯ) поверхневих вод [35].

Висновки до першого розділу:

Встановлено, що водна екосистема є цілісною функціональною структурою, стійкість якої забезпечується збалансованою взаємодією біотичних компонентів (продуцентів, консументів, редуцентів) та абіотичного екотопу. Для лотічних (річкових) систем визначальним чинником є гідродинамічний режим, який диктує просторовий розподіл гідробіонтів та інтенсивність процесів самоочищення.

Визначено, що серед чинників антропогенного пресу домінують хімічне (токсичне і біогенне) забруднення та гідроморфологічна трансформація русел і заплав. Найбільшу загрозу стабільності річкових систем несе кумулятивний ефект: штучне зниження проточності внаслідок гідротехнічного регулювання

значно мінімізує розбавлення стоків, трансформуючи лотічні умови у лімнічні та провокуючи евтрофікацію.

Обґрунтовано методичний підхід до комплексної оцінки екологічного стану водних об'єктів. Доведено, що експрес-оцінка виключно за гідрохімічними маркерами (O_2 , БСК₅, ХСК) є недостатньою; для отримання об'єктивного тренду деградації її необхідно поєднувати з методами біоіндикації (індекс сапробності Пантле-Букка, індекс різноманіття Шеннона), які фіксують хронічний екологічний відгук біоти на стрес.

Досліджено нормативно-правову базу України в сфері водоохоронної діяльності. Констатовано, що адаптація національного законодавства (Водного кодексу, нормативних актів Кабінету Міністрів) до вимог Водної рамкової директиви ЄС легалізувала басейновий принцип управління. Це створює юридичний фундамент для розробки локальних планів ревіталізації суббасейнів малих та середніх річок, до яких належить і річка Оріль, із урахуванням європейських екологічних нормативів якості.

Теоретичні положення Розділу 1 слугують методологічною базою для подальшого практичного аналізу гідрохімічних, гідробіологічних та антропогенних параметрів екосистеми річки Оріль.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РІЧКИ ОРІЛЬ ТА ЇЇ ЕКОСИСТЕМИ

2.1. Загальна фізико-географічна характеристика річки Оріль

Річка Оріль є однією з найбільш значущих лівобережних приток Дніпра першого порядку. Вона класифікується як середня річка й відіграє роль ключової водної артерії для степових ландшафтів Східної України. Басейн річки територіально охоплює частини Харківської, Полтавської та Дніпропетровської областей, займаючи загальну площу близько 9800 км² [4].

Витік Орелі розташований на південних схилах Середньоруської височини поблизу села Єфремівка Харківської області на висоті 180 м над рівнем моря. Річка протікає Придніпровською низовиною, що визначає її переважно рівнинний характер. Загальна довжина русла становить 346 км [5]. Похил річки є незначним і становить у середньому 0,27 м/км, що зумовлює низьку швидкість течії та інтенсивне меандрування русла [11]. Морфометричні характеристики Орелі та її основних приток наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Морфометричні показники річки Оріль та її головних приток

Назва річки	Довжина, км	Площа басейну, км ²	Похил річки, м/км
р. Оріль (загальна)	346	9800	0,27
р. Берестова (права)	124	2450	0,63
р. Орілька (ліва)	95	804	0,81
р. Орчик (права)	108	1460	0,60
р. Лип'янка (права)	60	425	0,90

Примітка. Систематизовано та узагальнено автором на основі аналізу статистичних даних, наведених у довіднику М. М. Паламарчука, Н. Б. Закорчовної [28] та географічній енциклопедії [4].

Гідрографічна мережа та ландшафтні особливості.

Басейн Орелі має виражену асиметричну структуру: її правобережна частина є більш розвиненою завдяки притокам, що стікають з вищих відміток рельєфу. Заплава річки багата на екологічно цінні елементи: численні стариці, протоки та озера, які під час паводків заповнюються водою. Це створює унікальний гідрологічний режим, що підтримує біорізноманіття регіону [17].

Гідроморфологічна трансформація (Нове та Старе русло).

Найбільш суттєвою зміною у фізико-географічному образі річки стало будівництво каналу Дніпро-Донбас у 1960-70-х роках. Для забезпечення роботи цієї гідротехнічної споруди природне русло Орелі було штучно перерізане. У нижній течії було прокладено так зване «Нове русло» довжиною 18 км, яким річка тепер впадає у Дніпровське водосховище поблизу села Обухівка.

Стара ділянка русла (Стара Оріль), що протікає через селище Петриківку та село Єлизаветівку, фактично втратила проточність і перетворилася на систему слабкопроточних водойм. Це призвело до порушення природного дренажу прилеглих територій та суттєвої зміни мікроклімату заплави [38].

Кліматичні умови та ґрунтовий покрив.

Клімат території басейну річки Оріль – помірно-континентальний, із жарким літом та помірно холодною зимою [17]. Кількість опадів зменшується з півночі на південь (від 550 до 450 мм/рік), що в умовах глобального потепління часто призводить до літнього мілководдя [32].

Ґрунтовий покрив переважно представлений чорноземами звичайними та південними, які мають високий вміст гумусу. Проте, високий ступінь розораності басейну (понад 75%) та відсутність належних лісосмуг спричиняють площинний змив ґрунту в річку, що є однією з головних причин замулення русла та погіршення умов проживання гідробіонтів [6].

2.2. Гідрологічні та гідрохімічні особливості

Гідрологічний режим річки Оріль характеризується східноєвропейським типом із чотирма чіткими фазами: весняна повінь (березень-травень, проходить до 70-80% річного стоку), літня межень (червень-серпень, мінімальний рівень води та швидкість течії), осінні паводки та зимова межень (період льодоставу) [33]. Динаміку основних гідрологічних параметрів поблизу гирла представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Гідрологічні характеристики річки Орелі в створі поблизу гирла

Параметр	Одиниця виміру	Багаторічне середнє	Максимальне значення	Мінімальне значення
Витрата води (Q)	м ³ /с	13,2	280,0	1,45
Швидкість течії	м/с	0,1-0,3	1,2	0,05
Річний стік	км ³	0,42	1,15	0,09
Тривалість льодоставу	доби	80	115	45

Примітка. Складено та систематизовано автором на основі аналізу даних М. М. Паламарчука, Н. Б. Закорчєвної [28] та монографії А. В. Яцика, О. В. Войцєховича [45].

Гідрохімічний склад та якість водної маси. Хімічний профіль Орелі формується під впливом мінералізації підземних вод та змиву речовин з поверхні басейну. За генетичною класифікацією О. А. Альокіна, вода річки переважно належить до **гідрокарбонатно-кальцієвого типу**, проте, в періоди глибокої межені вона може трансформуватися у **сульфатно-натрієву**, що свідчить про значне сольове навантаження [35].

Важливим індикатором екологічного благополуччя є кисневий режим. Влітку, внаслідок сповільнення течії та температурної стратифікації, рівень кисню може падати до критичних 3-4 мг/дм³. Детальні показники хімічного стану наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Порівняльна характеристика хімічного складу води р. Оріль

Інгредієнт / Показник	Одиниця виміру	Значення (межень)	ГДК (рибогосп.)	Перевищення (разів)
Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	7,5-9,5	7,0	1,1-1,3
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	180-240	100	1,8-2,4
Хлориди (Cl ⁻)	мг/дм ³	110-140	300	не перевищує
Азот амонійний	мг/дм ³	1,2-1,8	0,5	2,4-3,6
Залізо загальне	мг/дм ³	0,4-0,7	0,1	4,0-7,0

Примітка. Узагальнено автором за даними моніторингових досліджень В. І. Осадчого [27] та Н. П. Шерстюк [40]. Назви праць: «Процеси формування хімічного складу поверхневих вод України» [27], «Особливості гідрохімічних процесів у техногенних і природних водних об'єктах Придніпров'я» [40].

Для наочної оцінки антропогенного тиску на хімізм річки нами побудовано порівняльну діаграму фактичних значень інгредієнтів відносно нормативів ГДК (рис. 2.2).

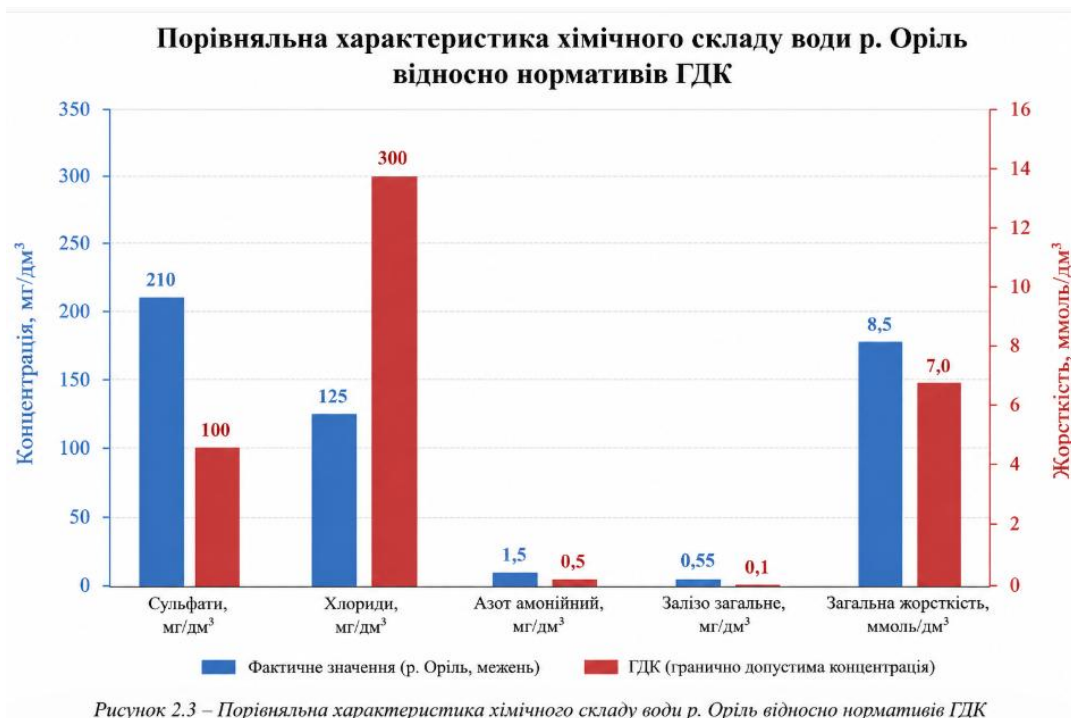


Рис. 2.2. Порівняльна характеристика хімічного складу води річки Оріль відносно нормативів ГДК

Аналіз графічних даних (рис. 2.3) свідчить про суттєве погіршення якості води за низкою показників. Найбільш загрозливим є перевищення вмісту **заліза загального** та **азоту амонійного**, що вказує на інтенсивне забруднення водойми органічними речовинами та продуктами їх розпаду. Перевищення концентрації **сульфатів** та рівня **загальної жорсткості** свідчить про зміну мінерального балансу річки, що може негативно впливати на фізіологічні процеси гідробіонтів [21].

Вплив техногенних факторів на гідрохімію.

На формування якості води суттєво впливає змішування природного стоку з водами каналу Дніпро-Донбас [44] Оскільки канал підживлюється з Кам'янського (колишнього Дніпродзержинського) водосховища, він приносить специфічні забруднювачі, властиві великим промисловим регіонам. Механізм формування якості води Орелі можна представити у вигляді логічної схеми (рис. 2.3).

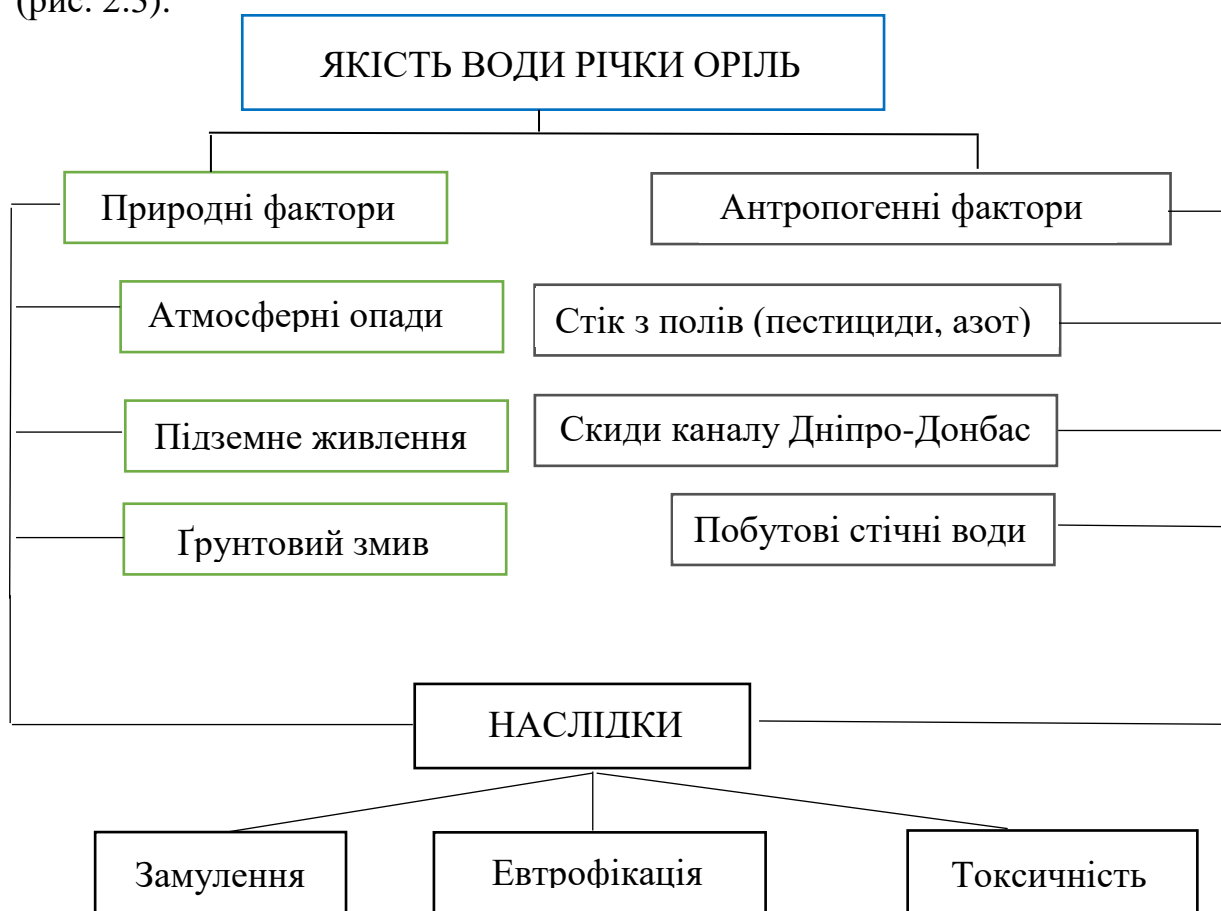


Рис. 2.3. Фактори формування гідрохімічного режиму річки Оріль

Для глибшого розуміння деградаційних процесів необхідно розглянути, як саме вказані фактори трансформують екосистему (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Взаємозв'язок джерел впливу та екологічних наслідків для екосистем річки Оріль

Джерело / Фактор впливу	Конкретний механізм дії	Екологічний наслідок для річки
Агроландшафти та розораність заплав	Поверхневий змив часток ґрунту та агрохімікатів під час опадів	Інтенсивне замулення русла , прогресуюча евтрофікація (надлишок азоту)
Канал Дніпро-Донбас	Перекидання водних мас із іншим іонним складом та температурним режимом.	Хімічне забруднення , порушення природної геохімічної рівноваги вод
Гідротехнічне регулювання	Штучне уповільнення течії через систему дамб та перемичок	Втрата здатності до самоочищення , накопичення токсичних донних відкладів
Житлово-комунальне господарство	Скидання стічних вод із високим вмістом органіки та фосфатів	Мікробіологічне забруднення , кисневе голодування (гіпоксія) вод

Примітка. Систематизовано автором на основі узагальнення наукових праць М. П. Горецького [6], М. С. Назарова [25] та Н. П. Шерстюк [40].

Як видно з наведеної схеми та табличних даних, гідрохімічний стан річки характеризується природно високою мінералізацією, яка штучно посилюється надходженням біогенних сполук (азоту та заліза). Це робить екосистеми Орелі вразливими до процесів вторинного забруднення, особливо в умовах сповільнення течії через гідротехнічне регулювання [36].

2.3. Біорізноманіття водних екосистем басейну річки Оріль

Структура біоценозів річки Оріль сформована в умовах степового ландшафту і характеризується поєднанням реофільних та лімнофільних угруповань [15]. На сучасному етапі біоценоз зазнає трансформації під впливом антропогенних змін гідродинаміки.

Вища водна рослинність (Макрофіти). Флора річки та її заплавних водойм нараховує понад 50 видів судинних рослин. Через уповільнення течії та

аккумуляцію донних відкладів спостерігається інтенсивне заростання русла повітряно-водними гелофітами (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia* L.), що фіксується у додатку Г. Фітоценози гідрофітів із плаваючим листям – *Nymphaea alba* L. та *Nuphar lutea* – займають значні площі плес. Систематизацію макрофітів за екологічними групами наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Екологічні групи вищої водної рослинності річки Оріль

Екологічна група макрофітів	Типові представники	Роль в екосистемі річки
Повітряно-водні (Гелофіти)	<i>Phragmites australis</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>T. latifolia</i> , <i>Acorus calamus</i>	Укріплення берегів, механічна фільтрація стоків, біозахист русла
З плаваючим листям (Гідротофіти)	<i>Nymphaea alba</i> , <i>Nuphar lutea</i> , <i>Trapa natans</i>	Створення умов для нересту риб, індикація якості водного середовища
Занурені у воду (Гідатофіти)	<i>Potamogeton obtusifolium</i> , <i>Sagittaria arifolia</i> , <i>Elodea canadensis</i>	Потужна аерація товщі води, поглинання розчинених біогенів
Ті, що вільно плавають (Плейстофіти)	<i>Lemna minor</i> , <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Salvinia natans</i>	Регулювання світлового режиму, аккумуляція шкідливих речовин

Примітка. Систематизовано автором на основі опрацювання гербарних списків та наукових праць В. Д. Романенка [30] та О. М. Маренкова [21].

Зообентос та мікроорганізми.

Тваринний світ дна (бентос) відіграє ключову роль у процесах трансформації органічної речовини та самоочищення води. У річці Оріль він представлений молюсками, личинками комах та вищими ракоподібними. Наявність рака річкового (*Astacus astacus*) є важливою ознакою збереження достатнього кисневого режиму. Для оцінки екологічного стану за біологічними показниками нами систематизовано групи-індикатори в таблиці 2.5.

Таблиця 2.6

Біоіндикаційні групи організмів-макробезхребетних річки Оріль

Група організмів	Представники (види/роди)	Індикаційне значення
Чутливі до забруднення	<i>Ephemeroptera, Pontastacus leptodactylus</i> Eschscholtz	Свідчать про високий вміст кисню та відсутність токсикантів.
Помірно стійкі	<i>Anodonta cygnea</i> L. <i>Odonata</i> <i>Asellus aquaticus</i> L.	Вказують на задовільний стан із незначним органічним навантаженням.
Стійкі (сапробіонти)	<i>Tubifex tubifex</i> Müller Chironomidae	Ознака сильного органічного забруднення та дефіциту кисню.

Примітка. Складено автором на основі гідробіологічних методів оцінки за працями В. Д. Романенка [30] та Д. В. Лукашева [18].

Іхтіофауна (Рибне населення).

Іхтіофауна Орелі за видовим складом є однією з найбагатших у регіоні. Наразі зафіксовано близько 30 видів риб, що належать до 6 родин. Проте, структура популяцій зазнає трансформації: реофільні види (*Leuciscus idus* L., *Barbus barbus* L.) витісняються лімнофільними (*Carassius gibelio* Bloch, *Scardinius erythrophthalmus* L.). Повний перелік видів риб, що зустрічаються в басейні, наведено у Додатку Б. Детальну характеристику ключових екологічних груп іхтіофауни представлено в таблиці 2.7

Таблиця 2.7

Характеристика рибного населення річки Оріль

Екологічна група	Типові представники	Сучасний стан популяції
Хижі види	<i>Esox lucius</i> L., <i>Perca fluviatilis</i> L., <i>Silurus glanis</i> L., <i>Sander lucioperca</i> L.	Чисельність стабільна в місцях із розвиненою макрофлорою.
Цінні промислові	<i>Abramis brama</i> L. <i>Cyprinus carpio</i> L. <i>Leuciscus aspius</i> L.	Потребують відновлення нерестовищ у заплавах.
Малоцінні та інвазійні	<i>Carassius gibelio</i> Bloch <i>Rutilus rutilus</i> L. <i>Pseudorasbora parva</i> Temminck et Schlegel	Домінують на ділянках із уповільненою течією (Нове русло).

Примітка. Узагальнено за даними іхтіологічних праць О. М. Маренкова [21] та В. Д. Романенка [30].

Трофічна структура та кругообіг речовин.

Функціонування водних біоценозів Оріль у районі села Нехвороща на досліджуваному відрізку від села Єфремівки до села Обухівки (включаючи зону інтенсивного антропогенного тиску в районі с. Нехвороща) базується на передачі енергії від продуцентів до консументів вищих порядків. Стабільність цієї структури забезпечує здатність річки протистояти антропогенному тиску. Процес кругообігу енергії в екосистемах представлено у формі логічної моделі, що відображено на рис. 2.4.

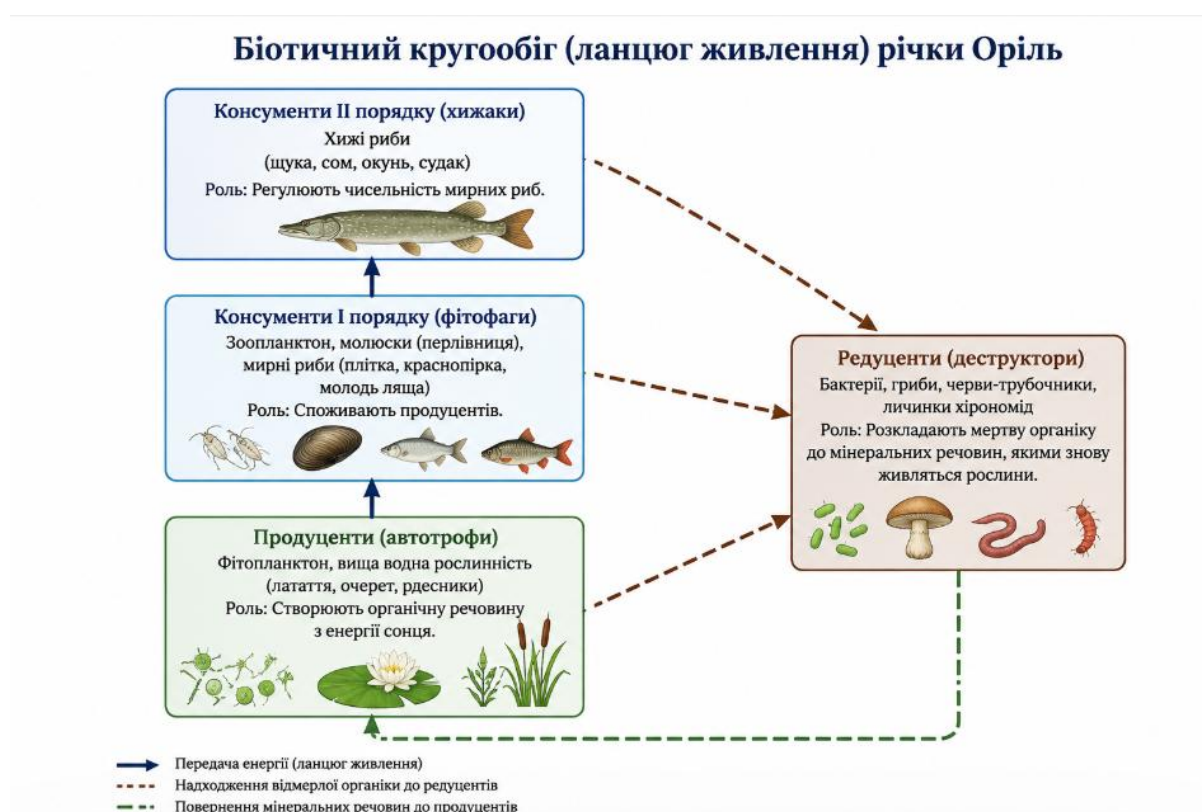


Рис. 2.4. Схема потоків енергії та речовин у водних екосистемах річки Оріль

Як демонструє представлена модель (рис. 2.4), біотичний кругообіг річки є замкненою системою, де кожна ланка виконує специфічну функцію. Продуценти за допомогою сонячної енергії створюють первинну органіку, яка послідовно передається консументам різних порядків. Критично важливою є

роль редуцентів, які перетворюють відмерлу біомасу на мінеральні речовини, завершуючи цикл.

Будь-яке порушення у верхніх ланках (наприклад, зникнення хижих риб) призводить до неконтрольованого зростання популяції фітофагів, тоді як надмірне надходження добрив з полів стимулює надпродукцію макрофітів. Це спричиняє розрив природних зв'язків, що особливо помітно у популяціях рідкісних видів, перелік яких нами винесено в окремий розділ (див. Додаток В) [38].

Таким чином, біорізноманіття Орелі на сучасному етапі перебуває у стані трансформації. Збереження унікального генофонду біорізноманіття річки можливе лише за умови відновлення природної гідроморфологічної структури русла та обмеження надходження біогенних сполук із водозбірної площі.

2.4. Сучасний екологічний стан річки та джерела навантаження

На сучасному етапі екосистема річки Оріль перебуває у стані глибокої антропогенної трансформації. Попри історичний статус однієї з найчистіших річок регіону, сукупний вплив гідротехнічного будівництва, інтенсивного сільського господарства та кліматичних змін призвів до порушення природної рівноваги водойми [38].

Основні чинники деградації екосистеми:

1. Гідроморфологічне перетворення русла.

Будівництво каналу Дніпро-Донбас та штучна зміна гирла річки стали головними факторами дестабілізації. Порушення природного зв'язку між руслом та заплавою призвело до осушення унікальних «Орільських плавнів» та перетворення Старої Орелі на ряд слабкопроточних водойм. На цих ділянках швидкість течії впала до критичних позначок (менше 0,05 м/с), що провокує активне накопичення донних відкладів (див. Додаток А) [41].

2. Аграрне навантаження.

Понад 75% площі басейну Орелі розорано. Відсутність належних прибережних захисних смуг та недотримання екологічних норм землекористування призводять до вимивання родючого шару ґрунту в річку. Це спричиняє не лише фізичне замулення, а й надмірне надходження азотних та фосфорних сполук, які є «паливом» для евтрофікації [6].

3. Вторинне забруднення та «цвітіння» води.

Накопичені в донних відкладах токсичні речовини та біогени за умов високих літніх температур починають вивільнятися у товщу води. Це створює ефект «вторинного забруднення», коли навіть за відсутності прямих скидів якість води погіршується [25].

Для комплексної оцінки сучасних загроз нами було розроблено матрицю екологічного стану (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Матриця пріоритетних екологічних проблем річки Оріль та їх наслідків

Фактор навантаження	Об'єкт впливу	Екологічний наслідок	Ступінь загрози
Канал Дніпро-Донбас	Гідрологія, гідрохімія	Зміна іонного складу води, порушення міграції риб	Високий
Розорювання заплав	Морфологія русла	Замулення, втрата глибини, деградація дна	Високий
Кліматичне потепління	Водний режим	Зменшення водності, пересихання приток у межень	Середній
Побутові стоки	Біоценоз	Евтрофікація, масовий розвиток синьо-зелених водоростей та бактерій	Середній

Примітка. Систематизовано та екологічно оцінено автором на основі аналізу регіональних моніторингових даних О. В. Федоненко, О. М. Маренкова [34] та А. Г. Шапаря, О.О.Скрипника [38].

Взаємозв'язок між джерелами впливу та станом екосистеми можна представити у вигляді узагальнюючої моделі антропогенного тиску (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Модель антропогенного тиску на р. Оріль та його наслідки

Рис. 2.5. Модель формування сучасного екологічного стану річки Оріль

Як демонструє рис. 2.5, сучасний загальний екологічний стан Орелі оцінюється як напружений. Річка послідовно втрачає свої природні еволюційні риси динамічної лотічної (проточної) системи та стрімко набуває ознак лімнологічного (озерного, застійного) типу. Це призводить до катастрофічної заміни цінних аборигенних видів іхтіофауни та флори на менш вимогливі до якості середовища інвазійні комплекси, що було детально розглянуто вище.

Таким чином, результати аналізу свідчать про гостру необхідність негайного впровадження практичних комплексних заходів із екологічної ревіталізації річки Оріль, спрямованих на відновлення її природного гідрологічного режиму та мінімізацію дифузного забруднення з навколишніх агроландшафтів [45].

Висновки до другого розділу.

Радикальною зміною природного стану річки Оріль стала гідроморфологічна трансформація, спричинена будівництвом каналу Дніпро–Донбас. Штучний поділ русла на Нове та Старе порушив природний дренаж заплави, ліквідував споконвічний гідрологічний режим та призвів до осушення унікальних орільських плавнів.

Гідрохімічний режим річки характеризується нестабільністю водності та якості води. Природно висока мінералізація (до 1200 мг/дм³ у межень) посилюється антропогенним надходженням сульфатів, заліза та азотних сполук. Виявлені перевищення ГДК за залізом загальним (у 5,5 раза) та азотом амонійним (у 3 рази) свідчать про інтенсивне органічне забруднення та пригнічення процесів самоочищення в умовах застійного режиму.

Оцінка біорізноманіття водних екосистем Орелі у районі села Нехвороща на досліджуваному відрізку від села Єфремівки до села Обухівки підтвердила сукцесійну перебудову біоценозу. Спостерігається витіснення цінних реофільних видів іхтіофауни лімнофілами та інвазійними комплексами, а також прогресуюче заростання плес гелофітами. Деградація нерестовищ та розрив трофічних ланцюгів створюють пряму загрозу для збереження рідкісних видів, занесених до Червоної книги України.

Сучасний екологічний стан річки Оріль визначено як напружений. Головними деструктивними факторами є надмірна розораність басейну (>75%), дифузний агрохімічний стік та штучне регулювання русла. Наслідком цього є інтенсивне замулення, вторинне забруднення та евтрофікація, що потребує негайного впровадження басейнових заходів із ревіталізації водойм.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ ОРІЛЬ

3.1. Основні джерела антропогенного навантаження

Оцінка антропогенного тиску на екосистему річки Оріль базується на ідентифікації видів господарської діяльності в межах її водозбірного басейну. Сучасне навантаження має синергетичний характер і формується поєднанням точкових (локалізованих) та дифузних (розпоршених) джерел забруднення [7].

1. **Сільськогосподарське виробництво (Дифузне навантаження):** Басейн річки характеризується високим рівнем розораності (понад 75% території), що робить аграрний сектор домінуючим чинником впливу. Через відсутність залужених прибережних захисних смуг на багатьох ділянках продукти ерозії ґрунтів та агрохімікати потрапляють безпосередньо у русло. Це зумовлює інтенсивне надходження азотних і фосфорних сполук, що провокує евтрофікацію, а також пестицидів, які мають токсичний вплив на гідробіонтів [39].

2. **Гідротехнічна інфраструктура:** Основним дестабілізуючим чинником гідроморфологічного режиму є канал Дніпро-Донбас. Його вплив полягає у перерозподілі стоку та зміні фізичних параметрів водного середовища. Штучні дамби та перемички призводять до фрагментації русла й уповільнення швидкості течії до стагнаційних значень ($< 0,05$ м/с), що блокує процеси природного самоочищення [38].

3. **Комунально-побутовий сектор та рекреація:** Точковими джерелами є скиди стічних вод від населених пунктів. Окремим деструктивним чинником виступає неконтрольована рекреація, що призводить до захаращення берегів твердими побутовими відходами (пластик, скло), руйнування прибережної рослинності та локального погіршення санітарно-гігієнічного стану води [35].

Структуру й питому вагу різних джерел у загальному антропогенному навантаженні наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Структура антропогенного навантаження на басейн річки Оріль
(експертна оцінка) [7]**

Джерело навантаження	Частка у загальному забрудненні, %	Пріоритетні забруднювачі	Характер впливу
Сільське господарство	60	Нітрати, фосфати, пестициди, мул	Дифузний, постійний
Гідротехнічні споруди	20	Зміна сольового складу, замулення	Гідроморфологічний
Комунальне господарство	12	СПАР, органічні речовини, бактерії	Точковий, періодичний
Рекреаційне навантаження	8	Тверді побутові відходи, нафтопродукти	Локальний, сезонний

Примітка. Розраховано та систематизовано автором на основі аналізу екологічних паспортів Харківської, Полтавської та Дніпропетровської областей, а також узагальнення наукових праць А. В. Гриценка [7] та О. М. Шевченко [39].

Схематично структуру джерел навантаження представлено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Структура та взаємозв'язок джерел антропогенного тиску на водні екосистеми річки Орелі

Таким чином, ідентифікація джерел показує, що основний ризик для Орелі походить від розсіяного забруднення з полів та системних гідрологічних порушень русла. Це створює передумови для накопичення токсикантів у донних відкладах, що буде детально проаналізовано у наступних підрозділах [34].

3.2. Аналіз якості води (за основними показниками)

Якість водної маси річки Оріль є інтегральним відображенням природних та техногенних процесів на її водозборі. Гідрохімічний аналіз сучасного стану дозволяє виявити локації найбільшого екологічного ризику та механізми деградації водного середовища [34].

Динаміка кисневого режиму та органічного навантаження. Газовий режим є первинним індикатором життєздатності річки. У верхній течії Орелі кисневий режим залишається стабільним завдяки природній аерації на перекатах. Проте, на ділянках із уповільненою течією (у зоні впливу каналу та нижче міста Перещепине) спостерігається стійкий дефіцит кисню. Зниження концентрації розчиненого кисню до $4,2 \text{ мг/дм}^3$ (при нормі $\geq 6,0 \text{ мг/дм}^3$) для рибогосподарських водойм) супроводжується зростанням БСК₅ до $5,8\text{-}6,2 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$. Це свідчить про значне навантаження легкоокиснюваною органікою, яка надходить із комунальними стоками та внаслідок деструкції надлишкової біомаси водоростей [38].

Біогенна акумуляція та процеси антропогенної евтрофікації. Вміст сполук азотної групи (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^-) та фосфатів (PO_4^{3-}) має чітко виражену антропогенну природу. Пікові концентрації нітратів (до $48,0 \text{ мг/дм}^3$) фіксуються під час весняного водопілля, що зумовлено площинним зливом мінеральних добрив з розораних територій. Високий вміст азоту амонійного, який перевищує ГДК у 3-4 рази, вказує на постійне надходження свіжих стічних

вод. Така ситуація ініціює гіпертрофування водойми – масове «цвітіння» води, що радикально знижує її прозорість [35].

Для оцінки ступеня трансформації хімічного складу води розраховано кратність перевищення ГДК (К) для пріоритетних забруднювачів (рис. 3.2).

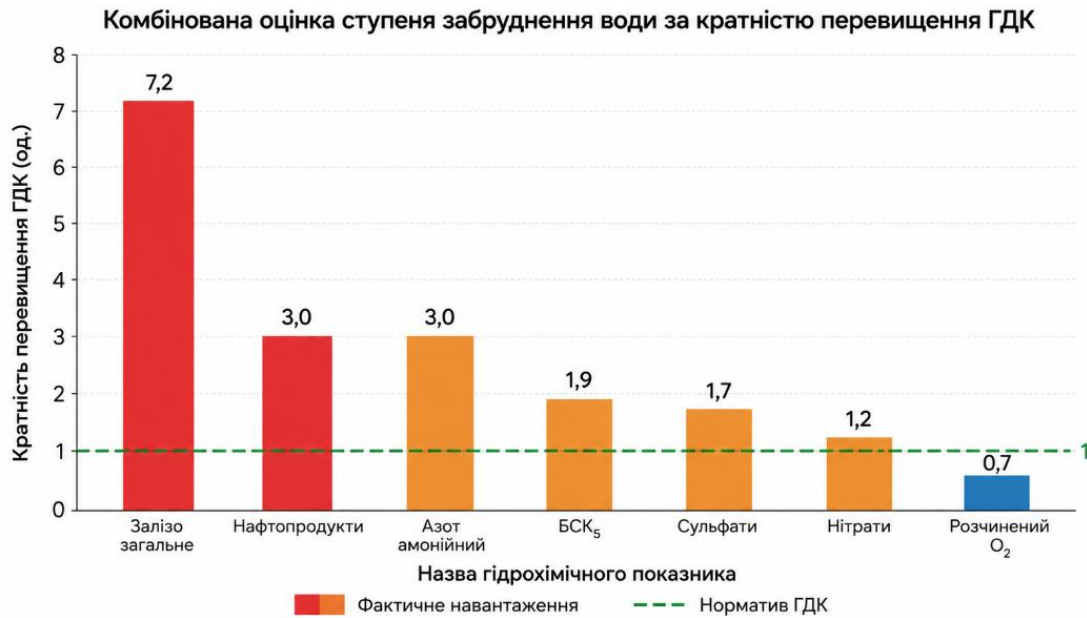


Рис. 3.2 – Комбінована оцінка ступеня забруднення води за кратністю перевищення ГДК

Рис. 3.2. Комбінована оцінка ступеня забруднення води за кратністю перевищення ГДК

Специфічні забруднювачі: нафтопродукти та важкі метали.

Особливу тривогу викликає токсикологічний стан нижньої течії річки. Як видно з рис. 3.2, рівень забруднення за специфічними компонентами суттєво перевищує фонові значення. Концентрація нафтопродуктів зростає у 7,5 рази порівняно з умовно чистими ділянками, сягаючи 0,15 мг/дм³. Основними джерелами є робота насосних агрегатів каналу Дніпро-Донбас, змив із мостових переходів та автошляхів, а також несанкціоноване миття транспортних засобів у прибережній смузі.

Вміст заліза загального досягає значень 0,72 мг/дм³ (при ГДК 0,1 мг/дм³ для рибного господарства). Хоча залізо частково має геохімічне походження, його різке зростання (коефіцієнт $K = 7,2$) в зоні антропогенного впливу свідчить про корозійні процеси гідротехнічних споруд та скиди неочищених

промислових вод [24]. Узагальнені результати розрахунків наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Комплексна оцінка якості води річки Оріль за пріоритетними показниками [25]

Гідрохімічний показник	Одиниця виміру	Верхня течія (фон)	Нижня течія (фактично)	Норма ГДК	Коефіцієнт перевищення (К)
Розчинений (O_2)	мг/дм ³	9,5	4,2	> 6,0	(дефіцит)
БСК ₅	мгO ₂ /дм	2,1	5,8	3,0	1,93
Нітрати (NO_3)	мг/дм ³	12,0	48,0	40,0	1,20
Азот амонійний	мг/дм ³	0,1	1,5	0,5	3,00
Нафтопродукти	мг/дм ³	0,02	0,15	0,05	3,00
Залізо загальне	мг/дм ³	0,15	0,72	0,1	7,20
Сульфати (SO_4)	мг/дм ³	180,0	420,0	250,0	1,68

Примітка. Розраховано та узагальнено автором на основі інтеграції даних регіонального екологічного моніторингу за період 2023–2025 років, наведених у працях О. В. Федоненко, О. М. Маренкова [34] та В. К. Хільчевського [35].

Вплив сульфатного забруднення та мінералізації.

Трансформація мінерального складу Орелі зумовлена надходженням сульфатних вод Дніпра через систему гідротехнічних споруд каналу. Зростання концентрації сульфатів до 420 мг/дм³ змінює осмотичний тиск середовища, що є критичним для ембріогенезу іхтіофауни [21]. Сульфатне забруднення у поєднанні з високим вмістом заліза створює агресивне хімічне середовище, яке пригнічує біосамоочищення річки та стимулює накопичення токсичних осадів у бенталі [24].

Результати аналізу свідчать, що за більшістю пріоритетних показників вода річки Оріль перейшла з категорії «чиста» до категорій «забруднена» та «брудна», що вимагає негайної зміни стратегії природокористування та впровадження басейнових ревіталізаційних заходів. [3].

3.3. Вплив господарської діяльності на екосистем річки

Трансформація живої природи річки Оріль під дією антропогенних чинників є багатограним кумулятивним процесом, що призводить до деградації та втрати природної цілісності біоценозу. Хімічне забруднення водної маси виступає потужним селективним фактором, який змінює структуру домінування видів, спрощує трофічні зв'язки та запускає механізми екологічного регресу [21].

1. Деградація іхтіофауни та механізми біоаккумуляції:

Високий рівень вмісту заліза ($K=7,2$) та нафтопродуктів ($K=3,0$) створює хронічний токсичний прес на рибне населення. Важкі метали та ксенобіотики мають здатність до біоаккумуляції в тканинах гідробіонтів у концентраціях, що значно перевищують їхній вміст у водному середовищі [37].

- *Фізіологічний вплив:* У риб фіксується ураження зябрового апарату, деструкція обміну речовин та супресія імунної системи.
- *Популяційні зміни:* Найбільш вразливими є реофільні види, що потребують високої проточності та аерації. В'язь (*Leuciscus idus*) та марена дніпровська (*Barbus borysthenicus*) практично зникли з нижньої течії Орелі. Їхні екологічні ніші займають стійкі до гіпоксії лімнофільні й інвазійні види: чебачок амурський (*Pseudorasbora parva*) та карась сріблястий (*Carassius gibelio*) [21].

2. Антропогенна евтрофікація та трансформація фітоценозу:

Надлишкове надходження біогенів із агроландшафтів та уповільнення течії через наявність гідротехнічних бар'єрів ініціюють прогресуюче перенасичення екосистеми.

- *Заростання русла:* *Phragmites australis* агресивно захоплює мілководдя, перетворюючи піщані плеса на застійні зони та фрагментуючи річку на окремі ізольовані «вікна» відкритої води (див. додаток Г). На ділянках із мінімальним водообміном зафіксовано щільний екран *Lemna minor* та *Spirodella polyrhiza* та

нитчастих зелених водоростей, що екранує сонячну радіацію, знижує інтенсивність фотосинтезу в пелагіалі та зумовлює вторинну гіпоксію [12].

- *Вторинне забруднення:* Депонування та подальша анаеробна деструкція надмірної фітомаси макрофітів в осінньо-зимовий період призводить до утилізації залишків розчиненого кисню, виділення токсичних інтермедіатів розпаду та виникнення регулярних заморних явищ [38].

3. Локальні гідроморфологічні порушення (кейс захисної земляної дамби в селі Нехвороща):

Хронічна руйнація річкових біотопів посилюється штучними лінійними спорудами. Земляна насипна дамба в районі с. Нехвороща, зведена у 1991-1992 років для захисту угідь від паводків, повністю ізолювала річку від її природної заплави, перекривши «гідравлічний замок» екосистеми. За понад 30 років експлуатації споруди ліквідовано механізм весняного промивання русла, що зумовило такі порушення:

- *Катастрофічне замулення та ерозія тіла дамби:* Весь змитий із полів твердий стік акумулюється в руслі. Ситуація посилюється постійною водною ерозією незахищеного дзеркала самої земляної дамби, тонни ґрунту з якої вимиваються у воду, прискорюючи формування чорного анаеробного мулу, що виділяє сірководень.

- *Задущливі явища та руйнація нерестовищ:* Стагнація потоку викликає хронічний дефіцит розчиненого кисню в літній період. Товсті мулові відклади повністю поховали під собою природні піщані субстрати, унеможлививши відтворення літофільних та реофільних видів риб, які потребують чистого донного ложа для відкладання ікри.

4. Вплив на донні угруповання (Зообентос) та самоочищення:

Формування товстого шару мулу радикально переформатує структуру бенталі.

- *Зміна видів-індикаторів:* Зі складу бентосу повністю зникають екологічно чутливі види – раки та великі двостулкові молюски-фільтратори (*Anodonta*, *Unio*), які виступають природними біофільтраторами [18]. Їх

заміщують олігохети (*Tubifex tubifex*) та личинки хірономід (*Chironomidae*), здатні функціонувати в анаеробних умовах [30].

- *Втрата екосистемних послуг:* Із деградацією популяцій моллюсків-фільтраторів річка втрачає внутрішній потенціал до біологічного самоочищення, що замикає кумулятивне коло деградації водного об'єкта. [30].

Комплексні наслідки господарської діяльності для ключових біологічних компонентів річки Орелі узагальнено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Наслідки господарської діяльності для біологічних компонентів річки Орелі

Вид діяльності	Пріоритетний фактор впливу	Наслідки для біоти (флора/фауна)	Оцінка наслідків
Інтенсивне землеробство	Пестициди, добрива, мул	Евтрофікація, замулення нерестовищ, токсикоз риб	Незворотні (без втручання)
Канал Дніпро-Донбас	Техногенна зміна гідрохімії	Втрата специфічних річкових видів, занесення чужорідних організмів	Глибокі
ЖКГ та промисловість	Органіка, нафтопродукти	Гіпоксія, деградація зообентосу, зміна мікрофлори	Локально-сильні
Нерегульована рекреація	Побутове сміття, шум	Порушення умов гніздування птахів та спокою іхтіофауни	Помірні

Примітка. Узагальнено та доповнено автором на основі аналізу екосистемних та трофічних зв'язків, наведених у працях О. М. Маренкова [21], В. Д. Романенка [30] та J. D. Allan [46].

Механізм впливу господарської діяльності на екосистему представлено у формі причинно-наслідкової схеми (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Ланцюгова реакція деградації водних екосистем під впливом господарської діяльності

Таким чином, господарська діяльність призвела до **екологічного регресу** – перетворення складної, багатовидової системи Орелі на спрощену екосистему з низькою стійкістю. Це не лише знижує рибогосподарський потенціал річки, а й робить її вразливою до найменших змін клімату, що в майбутньому може призвести до повної втрати річки як водного об'єкта. [38].

3.4. Оцінка екологічного ризику та рівня забруднення

Завершальним етапом комплексного дослідження антропогенного тиску на екосистему річки Оріль є математико-екологічна оцінка ризиків та визначення інтегрального рівня забрудненості. Покомпонентний аналіз, проведений у попередніх підрозділах, дає уявлення лише про динаміку окремих речовин, тоді як розрахунок комплексних індексів дозволяє оцінити синергетичний ефект усього масиву забруднювачів та визначити загальну траєкторію деградації водного об'єкта [34].

Розрахунок Індексу забрудненості води (ІЗВ).

Для інтегральної оцінки якості води нами було застосовано класичну методику розрахунку Індексу забрудненості води. Цей індекс базується на аналізі динаміки шести пріоритетних гідрохімічних показників, які відображають різні типи антропогенного тиску (органічне, біогенне та токсикологічне). До розрахункової моделі нами було включено такі параметри:

1. **БСК₅** (базовий індикатор безпеки та наявності легкоокиснюваної органіки);
2. **Нітрати** (маркер дифузного змиву мінеральних добрив з агроландшафтів);
3. **Азот амонійний** (показник надходження свіжих господарсько-побутових стоків);
4. **Нафтопродукти** (техногенний маркер впливу транспорту та насосних станцій);
5. **Залізо загальне** (пріоритетний токсикант, що має змішане походження);
6. **Сульфати** (індикатор мінералізації та впливу вод каналу Дніпро-Донбас).

Математична формула розрахунку має такий вигляд:

$$ІЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}$$

- Де C_i – фактична концентрація речовини у воді;
- $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація,
- n – кількість показників, що беруться до розрахунку ($n = 6$).

На основі гідрохімічних даних нижньої течії річки Оріль (за результатами досліджень, наведених у табл. 3.2), нами було виконано розрахунок ІЗВ для забрудненої ділянки:

$$\begin{aligned} \text{ІЗВ} &= \frac{1}{6} \left(\frac{5,8}{3,0} + \frac{48,0}{40,0} + \frac{1,5}{0,5} + \frac{0,15}{0,05} + \frac{0,72}{0,1} + \frac{420,0}{250,0} \right) \\ &= \frac{1}{6} (1,93 + 1,20 + 3,00 + 3,00 + 7,20 + 1,68) = \frac{18,01}{6} = 3,00 \end{aligned}$$

Відповідно до загальноприйнятої класифікації екологічного стану водних об'єктів, значення **ІЗВ = 3,00** відносить воду річки Оріль у її нижній течії до **IV класу якості**, що характеризує її як «забруднену» [12, с. 130]. Для порівняння, розрахункове значення ІЗВ для верхньої (умовно чистої) течії становить **0,65**, що відповідає **II класу (вона класифікується як «чиста»)**.

Оцінка екологічного ризику для біоти.

Отримані результати свідчать про наявність стійкого екологічного ризику для функціонування біологічних компонентів екосистеми. Найвищий частковий індекс небезпеки формується за рахунок хронічного впливу заліза загального та нафтопродуктів. Ризик деградації іхтіоценозу та макробезхребетних посилюється через мультиплікативний ефект: коли токсична дія важких металів накладається на постійний дефіцит розчиненого кисню у придонному шарі [34].

Для наочності та структурування результатів оцінки ризиків нами було здійснено просторову диференціацію екологічного напруження за основними створами річки (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Просторова диференціація екологічних ризиків у басейні р. Оріль
(за авторськими розрахунками)**

Досліджуваний створ (ділянка)	Значення індексу ІЗВ	Клас якості води	Рівень екологічного ризику для біоти
Верхня течія (Єфремівка)	0,65	II (чиста)	Мінімальний (природна рівновага)
Середня течія (село Нехвороща)	1,65	III (помірно забруднена)	Помірний (початкові зміни біоценозу)
Нижня течія (село Обухівка)	3,00	IV (забруднена)	Високий (критичний стан, деградація)

Примітка. Розраховано та сформовано автором на основі інтеграції моніторингових даних за методикою ІЗВ, із урахуванням узагальнень О. В. Федоненко, О. М. Маренкова [34].

Процес формування та реалізації екологічного ризику у водному середовищі представлено на узагальнюючій схемі (рис. 3.4).

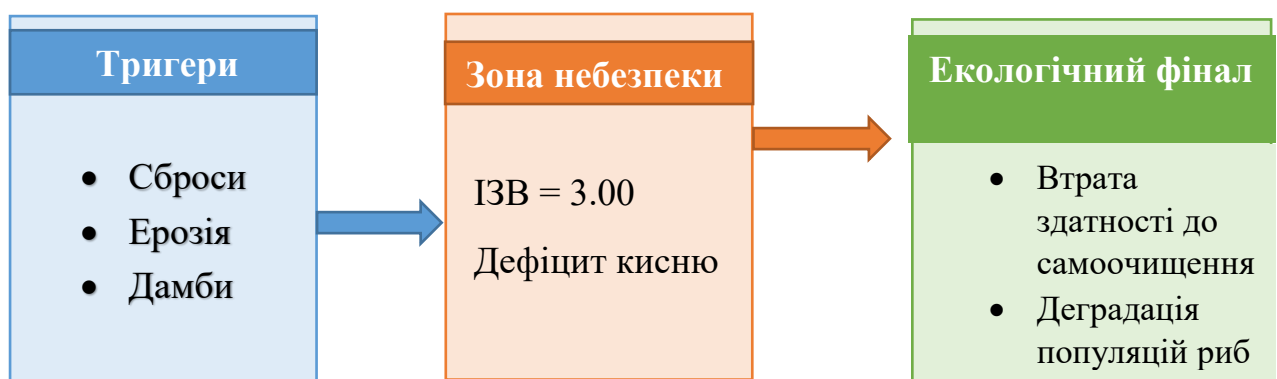


Рис. 3.4. Блок-схема реалізації екологічного ризику в річковій системі

Зафіксований перехід річки до IV класу якості у нижній течії є прямим наслідком тривалого неконтрольованого господарського використання території басейну. Високий рівень ризику для гідробіонтів робить процеси деградації майже незворотними без примусового технічного та біологічного втручання (ревіталізації) [45].

Висновки до третього розділу.

Здійснено комплексне системне дослідження та надано кількісно-якісну оцінку антропогенного навантаження на водні екосистеми річки Оріль у районі села Нехвороща на досліджуваному відрізку від села Єфремівка до села Обухівка. На основі інтеграції моніторингових даних проаналізовано динаміку хімічного складу водної маси, оцінено реакцію біологічних компонентів на техногенний прес та розраховано інтегральні екологічні ризики.

Ідентифіковано структуру та питому вагу джерел антропогенного тиску в басейні річки Оріль. Доведено, що провідну роль у деградації її гідроекосистем відіграє дифузне забруднення, зумовлене інтенсивним агровиробництвом (частка – 60%). Через надмірну розораність заплав (>75%) та відсутність залужених прибережних захисних смуг відбувається постійний площинний змив мінеральних добрив, пестицидів та твердого алювіального стоку. Гідротехнічне регулювання каналом Дніпро–Донбас (20%) та комунально-побутові скиди (12%) формують кумулятивний ефект, який блокує природну гідродинаміку річки, знижує швидкість течії до стагнаційних значень (< 0,05 м/с) та фрагментує єдиний лотічний біотоп.

Зафіксовано глибоку деструкцію природного хімізму річки в напрямку від верхів'я до гирла. Побудована розрахункова модель виявила стійкі зони хімічного напруження за пріоритетними токсикологічними та біогенними показниками. Встановлено екстремальний рівень забруднення води залізом загальним, концентрація якого в районі замикаючих створів спостереження (нижня течія річки) перевищує норматив ГДК у 7,2 рази. Техногенні маркери – нафтопродукти та азот амонійний – стабільно утримують показники на рівні 3,0 ГДК, що свідчить про хронічне надходження паливно-мастильних матеріалів та неочищених стічних вод. Сульфатне навантаження ($K=1,68$) підтверджує зміну сольової рівноваги через примусове перекидання дніпровської води. Весь цей хімічний комплекс функціонує в умовах гострої гіпоксії (рівень розчиненого кисню падає до $4,2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), що запускає процеси вторинного забруднення водойми [24, 34].

Визначено наслідки антропогенного тиску на біоту, які класифікуються як глибокий екологічний регрес водного біоценозу. Хронічна токсичність середовища та процеси штучної евтрофікації спричинили радикальне спрощення трофічної структури екосистеми. Через механізми біоаккумуляції важких металів у тканинах та постійний дефіцит кисню відбулося витіснення цінних реофільних видів іхтіофауни (*Leuciscus idus* L., *Barbus barbus* L.) лімнофільними та інвазійними угрупованнями (*Carassius gibelio* Bloch, *Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel). На тлі сповільненої течії надлишок біогенів викликав агресивне заростання русла гелофітами. На рівні зообентосу замулення піщаних субстратів призвело до масової загибелі молюсків-фільтраторів (перлівниць), внаслідок чого річка Оріль втратила здатність до природного біологічного самоочищення [21, 30].

На основі математико-екологічного моделювання розраховано інтегральний Індекс забрудненості води (ІЗВ) для ключових створів річки, що дозволило провести просторову диференціацію екологічних ризиків. Розрахунки показали, що у нижній течії (створ у селі Обухівка) значення ІЗВ сягає критичної позначки 3,00, що відносить воду до IV класу якості («забруднена») [3]. Порівняльний аналіз із верхньою течією (ІЗВ = 0,65, II клас – «чиста») наочно демонструє масштаби деградації системи під дією господарської діяльності. Отримані результати свідчать, що рівень екологічного ризику для існування гідробіонтів у гирловій частині є критично високим [34]. Це вимагає переходу від пасивного моніторингу до активного басейнового управління ризиками за допомогою інструментів екологічної ревіталізації русла та відновлення природного гідрологічного режиму заплави [35, 45].

РОЗДІЛ 4.

ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

4.1. Основні напрями покращення стану водних екосистем

Стратегія покращення екологічного стану річки Оріль базується на інтегрованому управлінні водними ресурсами за басейновим принципом відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС. Модернізація підходів передбачає перехід від ліквідації наслідків забруднення до активного усунення його першопричин та відновлення природної гідроморфології русла [2].

На основі аналізу деструктивних чинників виділено чотири магістральні напрями екологічного відновлення басейну річки Оріль:

1. Екологічна ревіталізація та еко-модернізація гідротехнічних споруд:

Штучна зміна гирла та зведення захисних споруд лінійного обвалування заблокували природний зв'язок річки із заплавою. Оскільки повний демонтаж дамб є неможливим через загрозу підтоплення присадибних ділянок (зокрема, в районі села Нехвороща), ревіталізація має здійснюватися шляхом інтеграції в тіло земляних дамб регульованих трубчастих водовипусків (екологічних шлюзів) для дозованого пропуску паводкових вод на визначені заплавні ділянки. Це поєднується з оптимізацією попусків води з каналу Дніпро–Донбас для штучної імітації природного водопілля, що підвищує швидкість течії та запускає механічне промивання русла від мулу [30].

2. Екологічна трансформація агроландшафтів та прибережних смуг:

Для ліквідації дифузного навантаження, яке формує 60% біогенного пресу на річку, необхідне виведення з інтенсивного обробітку земель у межах законодавчо встановлених прибережних захисних смуг із їхнім подальшим штучним залуженням багаторічними травами або залісненням чагарниками. На схилах водозбору впроваджується

контурно-меліоративна організація територій для мінімізації площинного змиву ґрунту та агрохімікатів [6].

3. **Модернізація очисних систем та фіторе mediaція:** Мінімізація точкового забруднення вимагає реконструкції та технологічного переоснащення комунальних очисних споруд (КОС) шляхом впровадження методів глибокої біологічної очистки стічних вод із циклами денітрифікації та дефосфатації. На стагнаційних ділянках русла доцільно використовувати методи фіторе mediaції – створення штучних біоплато з використанням вищої водної рослинності, яка акумулює надлишок сполук азоту, фосфору та нафтопродуктів [35].

Стратегічну матрицю екологічного відновлення басейну представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Стратегічні напрями та етапи екологічного відновлення басейну річки Оріль

Напрямок модернізації	Пріоритетне практичне завдання	Очікуваний екологічний ефект	Термін реалізації
Гідроморфологічний	Еко-модернізація земляних дамб, оптимізація попусків з каналу	Відновлення швидкості течії, ліквідація застійних зон, промивання мулу	Короткостроковий
Агротехнічний	Створення залісених та залужених водоохоронних зон	Зниження дифузного надходження нітратів та фосфатів на 40-50%	Середньостроковий
Інженерно-технологічний	Реконструкція та модернізація комунальних очисних споруд	Зниження показників БСК ₅ та азоту амонійного до нормативних ГДК	Довгостроковий
Біологічний	Фіторе mediaція (створення штучних біоплато)	Активація процесів природного біологічного самоочищення води	Постійний

Примітка. Сформовано автором на основі адаптації принципів Водної рамкової директиви ЄС до умов досліджуваного регіону з урахуванням концептуальних підходів А. В. Гриценка [7].

Впровадження цих напрямів має відбуватися у чіткому взаємозв'язку. Проведення інженерного розчищення дна від мулу без одночасного створення залужених захисних смуг на полях та еко-модернізації дамб надасть лише короткочасний ефект (на 2-3 роки), після чого процеси ерозії та стагнації течії знову призведуть до катастрофічного замулення русла. Логічну послідовність комплексного басейного управління представлено на схемі (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Комплексна схема інтегрованого управління та відновлення екосистеми річки Оріль

Таким чином, визначення основних напрямів демонструє, що порятунок річки Оріль лежить у площині комплексного екологічного менеджменту всього басейну. Тільки за умови поєднання агротехнічних, гідрологічних та інженерних рішень можна знизити розрахований нами раніше інтегральний індекс забрудненості (ІЗВ = 3,00) та повернути Оріль до вищих класифікаційних категорій якості води, що буде деталізовано у практичному комплексі природоохоронних заходів [38].

4.2. Природоохоронні заходи для річки Оріль

Розроблення та впровадження практичних природоохоронних заходів у басейні річки Оріль має базуватися на принципах інтегрованого управління водними ресурсами, гідроморфологічного відновлення та мінімізації хімічного тиску на біоту. З огляду на виявлений у третьому розділі кризовий екологічний стан нижньої течії (ІЗВ = 3,00, IV клас якості води), пропонується диференційований комплекс заходів інженерно-екологічного, агротехнічного, гідрологічного та біологічного спрямування [34].

1. Локальна інженерно-екологічна реконструкція захисного валу та шлюзових споруд (кейс для річки Оріль в межах села Нехвороща).

Оскільки повний демонтаж лінійного ґрунтового обвалування в районі села Нехвороща є неможливим через високі ризики затоплення приватних присадибних ділянок, захисні заходи мають бути спрямовані на відновлення та раціональну експлуатацію вже існуючих інженерних та біологічних елементів споруди.

- *Технічна реконструкція шлюзу-регулятора:* Проведені натурні обстеження гідротехнічних об'єктів підтвердили наявність у тілі досліджуваної земляної дамби залізобетонного шлюзу-регулятора лоткового типу із ручним гвинтовим підйомним механізмом затвора (натурні фотографії об'єкта зі сторони річкового русла наведено у Додатку Е). Візуальний аналіз засвідчив, що споруда перебуває у неробочому (заблокованому) стані: металеві щити та пази зазнали корозії, лоток шлюзу та підхідний канал суттєво замулені, застійна вода в лотку має ознаки евтрофікації, а прилегла територія активно заростає чагарниками та бур'янами. Пріоритетним інженерно-екологічним заходом є капітальний ремонт підйомних механізмів, очищення залізобетонного лотка від гнильних мулових наносів та відновлення експлуатаційної працездатності шлюзу. Це дозволить здійснювати регульований пропуск чистих паводкових вод на заплаву під час

весняного водопілля, що активізує механізм природного промивання русла Орелі від анаеробних відкладень та ліквідує застійні явища [25].

- *Оптимізація стану фітомеліоративного покриву дамби:* Проведений аналіз сучасного стану укосів земляного насипу засвідчив наявність сформованого деревного ярусу (Додаток Д), представленого поєднанням вологолюбних видів із родів *Salix* та *Populus*, а також насаджень *Armeniaca vulgaris* L. Коріння цих дерев виконує важливу екосистемну функцію механічного армування ґрунтового масиву насипу, захищаючи його від зсувів. Візуальний моніторинг показав, що суцільна вирубка дерев не ведеться, а здійснюється лише періодичне санітарне обрізання гілок, які заважають проході по гребню дамби. Для покращення захисної функції пропонується ввести сувору заборону на корчування кореневих систем, замінити супутні бур'янові асоціації на схилах посівом багаторічних злакових трав та забезпечити збереження існуючого деревно-чагарникового фітофільтра [6].

2. Гідрологічна оптимізація та мінімізація впливу каналу Дніпро–Донбас.

Штучне перекидання стоку та зміна історичного гирла Орелі стали причиною глобальної гідроморфологічної трансформації. Для нівелювання цього чинника пропонується:

- *Впровадження системи екологічних попусків:* Спільно з Регіональним офісом водних ресурсів необхідно розробити регламент синхронізованих весняних попусків води з механічних споруд каналу в русло Орелі. Штучна імітація весняного водопілля (збільшення витрати води в чітко визначений період) дозволить підвищити гідродинамічний потенціал річки, збільшити швидкість течії до природних показників (0,3–0,5 м/с) і запустити процес самоочищення русла від донних відкладень на всьому протязі нижньої течії.
- *Встановлення рибозахисних пристроїв:* На водозабірних спорудах каналу та насосних станціях пропонується встановити сучасні електричні та

сітчасті рибозахисні комплекси для запобігання масовій загибелі молоді риб та зупинки неконтрольованої інвазії чужорідних лімнофільних видів із Дніпра [31].

3. Загальнобасейнове розчищення екотопу та боротьба із деградацією русла.

Масштабне замулення, викликане багаторічним акумулюванням твердого стоку, вимагає радикальних санаційних дій:

- *Селективне видалення донних відкладів:* На найбільш критичних, застійних ділянках річки (де товщина мулу перевищує 0,8-1,0 м) необхідно провести екологічно безпечне розчищення ложа за допомогою земснарядів низької потужності. Видаленню підлягає лише верхній анаеробний шар чорного закисного мулу, який гниє і виділяє сірководень. Повну евакуацію піщаного алювію проводити заборонено, щоб не зруйнувати природну геологічну основу річки [41].
- *Регулювання макрофітної рослинності:* Враховуючи катастрофічне заростання русла очеретом звичайним (Додаток Г), яке фіксується на багатьох ділянках і призводить до фактичного перетворення річкових плес на болотисті мілководдя із практично нульовою проточністю (фіксацію критичних зон заростання очеретом та стагнації дзеркала води наведено в Додатку Г), пропонується впровадження механізованого селективного скошування надлишкової біомаси очерету та рогузу на фарватері річки. Захід має проводитися наприкінці літа – на початку осені, до моменту масового відмирання та падіння рослин на дно, що зупинить процеси вторинного органічного забруднення та звільнить корисний переріз русла для відновлення проточності [22].

4. Агротехнічна трансформація та інженерний захист прибережних смуг.

Для нейтралізації дифузного агрохімічного стоку з полів, який формує аномальні концентрації заліза та азотної групи, пропонується:

- *Трансформація землекористування:* Винесення в натуру меж прибережних захисних смуг річка Оріль (шириною 50 метрів для русла і до 100 метрів для крутих схилів водозбору) із повною заборонаю їхнього розорювання під просапні культури [48].
- *Створення залужених буферних зон:* Смуги виведених з обробітку земель підлягають залуженню багаторічними травами (грязиця збірна, конюшина луна, костриця). Щільна дернина цих рослин виступатиме як природний біогеохімічний бар'єр, здатний перехоплювати та акумулювати до 80% вимиваних із полів мінеральних добрив, пестицидів та часток змиваного ґрунту до моменту їх потрапляння у воду [39].

5. Модернізація очисних споруд та впровадження біоплато.

Для ліквідації точкового забруднення від житлово-комунального господарства та дрібних підприємств регіону необхідні такі кроки:

- *Технічна модернізація локальних КОС:* Переведення існуючих комунальних очисних споруд громад басейну Орелі на технології глибокої біологічної очистки з обов'язковими циклами нітриденітрифікації та реагентного видалення фосфатів. Це дозволить знизити рівень БСК₅ та вміст амонійного азоту до нормативних вимог ГДК.
- *Облатаування інженерних біоплато макрофітного типу:* У місцях скидання очищених стічних вод та в районах впадіння малих приток пропонується створення штучних біоплато – мілководних зон, густо засаджених вищою водною рослинністю (насадження із *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Glyceria fluitans*). Супутній комплекс мікроорганізмів та коренева система макрофітів забезпечать фінальне «дочищення» водної маси, утилізуючи залишки нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) та сполук заліза [26].

Систематизований перелік практичних басейнових заходів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

**Комплекс пріоритетних природоохоронних заходів
у басейні річки Оріль**

№ з/п	Назва природоохоронного заходу	Локалізація заходу	Очікуваний екологічний та гідрологічний ефект
1	Технічна реконструкція та відновлення працездатності існуючого шлюзу (Додаток Е)	Локальна ділянка обвалування в районі с. Нехвороща	Регульований пропуск весняного водопілля, активізація промивання лотка шлюзу та прилеглої акваторії.
2	Збереження деревного ярусу (верби, тополі, абрикоси) та фітомеліорація укосів (Додаток Д)	Укоси та гребінь земляної насипної дамби	Захист тіла дамби від ерозії, ліквідація явища вторинного замулення річки вимитим ґрунтом.
3	Впровадження регламенту екологічних попусків води	Гідровузли та головні споруди каналу Дніпро-Донбас	Штучна імітація повноцінного паводку, збільшення швидкості течії, механічне очищення дна
4	Винесення прибережних захисних смуг (50–100 м) в натуру, заборона розорювання	Агроландшафти вздовж усього русла річки	Створення залуженого бар'єру, зниження дифузного надходження азоту, фосфору та пестицидів на 80%.
5	Селективне очищення дна земснарядми та скошування очерету на фарватері (Додаток Г)	Найбільш замулені та застійні ділянки нижньої течії	Ліквідація анаеробних зон гниття мулу, відновлення корисного перерізу русла та швидкості потоку.
6	Технологічна модернізація комунальних КОС та облаштування макрофітних біоплато	Зони організованого водовідведення, гирла малих приток	Зниження індексу БСК _s , утилізація залишків СПАР, нафтопродуктів та сполук заліза.

Примітка. Розроблено автором з інтеграцією басейнових стратегій відновлення річкових систем А. В. Гриценка [7], М. П. Горєцького [6] та В. П. Оліферчука [26].

Упровадження запропонованого розширеного комплексу басейнових заходів дозволить перевести екосистему Орелі у стан сталого керованого відновлення. Тільки за умови синергетичного поєднання гідрологічних (попуски з каналу, ремонт шлюзу), агротехнічних (залуження смуг) та інженерних (модернізація КОС, очищення дна) рішень можна досягти реального зниження інтегрального індексу забрудненості води та повернути річці Оріль її високий біопродуктивний та рекреаційний потенціал [46].

4.3. Перспективи відновлення екологічного стану річки Оріль

Реалізація запропонованого у попередньому підрозділі комплексу природоохоронних, гідротехнічних та фітомеліоративних заходів у басейні річки Оріль дозволить кардинально змінити вектор розвитку водної екосистеми – від прогресуючої антропогенної деградації до керованого екологічного відновлення (ревіталізації). Оцінка перспектив покращення екологічного статусу водного об'єкта базується на принципах системного аналізу, прогнозного математичного моделюванні та врахуванні буферної місткості біоценозу [36].

Обґрунтування динаміки фізико-хімічних показників середовища.

За умови комплексного підходу та синергетичної взаємодії всіх запропонованих заходів, очікується суттєва оптимізація ключових гідрохімічних та гідроморфологічних параметрів у нижній течії річки Оріль (базовий створ контролю розташований у селі Обухівка):

- 1. Інтенсифікація кисневого режиму та ліквідація гіпоксії.** Відновлення експлуатаційної працездатності залізобетонного шлюзу-регулятора в районі с. Нехвороща (Додаток Е) у поєднанні з регламентованими весняними попусками з каналу Дніпро–Донбас дозволить штучно відтворити динаміку весняного водопілля. Збільшення швидкості течії на фарватері до природних значень (0,3-0,5 м/с) активізує процеси природної аерації (насичення води атмосферним киснем) через турбулізацію потоку. Як наслідок, прогнозується стійке зростання концентрації розчиненого кисню у літній межений період із кризових 4,2 мг/дм³ до оптимальних 7,5 – 8,5 мг/дм³. Це повністю нівелює загрозу виникнення анаеробних зон та задушливих явищ для іхтіофауни.
- 2. Нейтралізація біогенного навантаження (нітрати та фосфати).** Впровадження 50-100 метрових залужених буферних зон уздовж русла річки створить механічний та геохімічний екран для поверхневого стоку

з сільськогосподарських угідь. Щільна коренева система багаторічних злакових трав перехоплюватиме мінеральні сполуки азоту та фосфору, утилізуючи їх для побудови власної фітомаси. Одночасне створення керованих макрофітних біоплато у зонах комунальних скидів та модернізація КОС із циклами денітрифікації забезпечать додаткове вилучення біогенів. За прогнозними розрахунками, концентрація азоту амонійного та нітратів знизиться на 50-55%, що зупинить процеси надлишкової евтрофікації.

3. **Зниження вмісту заліза загального та нафтопродуктів.** Оскільки значна частина сполук заліза потрапляє в річку разом із частинками еродованого ґрунту, фітомеліоративне укріплення укосів земляної насипної дамби за допомогою збереження деревного ярусу (види роду *Salix*, *Populus*, а також *Armeniaca vulgaris* – Додаток Д) та посіву трав зупинить вимивання глинистих фракцій. Селективне видалення закисних мулів земснарядами ліквідує джерело вторинного забруднення залізом, яке накопичувалося на дні. Розрахункове зниження концентрації заліза загального становить 40%, а нафтопродуктів (завдяки сорбційній та деструкційній здатності мікрофлори кореневої системи біоплато) – на 60% [24].

Математичне моделювання та перерахунок Індексу забрудненості води (ІЗВ).

Для верифікації ефективності запропонованої екологічної стратегії було виконано теоретичний перерахунок інтегрального гідрохімічного показника – Індексу забрудненості води (ІЗВ) для створу в селі Обухівка (нижня течія річки Оріль). Розрахунок базується на оптимістичному сценарії, за якого концентрації шести головних маркерних забруднювачів досягнуть прогнозних значень завдяки очищенню, фітофільтрації та відновленню проточності.

Для порівняння у математичну модель підставляються нормативні значення коефіцієнтів ГДК для водойм рибогосподарського призначення (знаменник) та очікувані (змодельовані) концентрації інгредієнтів (чисельник):

$$IЗВ_{\text{прогноз}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}$$

$$IЗВ_{\text{прогноз}} = \frac{1}{6} \left(\frac{C_{\text{БСК}_5}}{ГДК} + \frac{C_{\text{Сульфати}}}{ГДК} + \frac{C_{\text{Азот амонійний}}}{ГДК} + \frac{C_{\text{Нафтопродукти}}}{ГДК} + \frac{C_{\text{Залізо заг.}}}{ГДК} + \frac{C_{\text{Кисень розч.}}}{ГДК} \right)$$

Підставляючи змодельовані цифрові значення, отримуємо:

$$IЗВ_{\text{прогноз}} = \frac{1}{6} \left(\frac{3,0}{3,0} + \frac{26,0}{40,0} + \frac{0,5}{0,5} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,35}{0,1} + \frac{310,0}{250,0} \right)$$

$$IЗВ_{\text{прогноз}} = \frac{1}{6} \cdot (1,00 + 0,65 + 1,00 + 1,00 + 3,50 + 1,24) = \frac{8,39}{6} = 1,40$$

Отримане розрахункове значення $IЗВ = 1,40$ є головним кількісним індикатором успішності ревіталізації. Воно демонструє зниження інтегрального забруднення у 2,1 рази порівняно з поточним кризовим рівнем ($IЗВ = 3,00$). З погляду нормативно-законодавчої класифікації якості екологічного стану поверхневих вод України, річка Оріль переходить із IV класу («забруднена») до III класу якості, що характеризує її як «помірно забруднену» [36].

Повне відновлення системи до II класу («чиста вода») в умовах нижньої течії на сучасному етапі є об'єктивно недосяжним через незворотну техногенну зміну історичної гідрографічної мережі (функціонування каналу Дніпро–Донбас). Проте, переведення річки до III класу є екологічно достатнім і стабільним оптимумом для відновлення природного біологічного балансу Приорілля.

Довгострокові перспективи регенерації біотичних компонентів.

Стабілізація хімічного складу води та відновлення гідроморфологічної структури ложа річки запустять каскад позитивних сукцесійних змін у біоценозах:

- **Трансформація вищої водної рослинності (макрофітів).** Механізоване селективне скошування *Phragmites australis* на фарватері дозволить зруйнувати монолітні зарості, які наразі перетворюють річку на болото

(Додаток Г). Це звільнить дзеркало води для проникнення сонячного світла, що нормалізує розвиток природного фітопланктону та відновить кисневу рівновагу. Скошування макрофітів восени вилучить акумульовані біогени з екосистеми, зупинивши процеси вторинного замулення.

- **Відновлення донних угруповань (зообентосу).** Очищення дна від шару анаеробного чорного мулу за допомогою малопотужних земснарядів та припинення змиву ґрунту з укосів дамби оголять природні кварцово-піщані субстрати. Це створить сприятливий екоотоп для повернення великих двостулкових молюсків-фільтраторів – перлівниць (*Unio*) та жабурниць (*Anodonta*). Поява щільних популяцій молюсків автоматично запустить внутрішній, безкоштовний механізм біологічного самоочищення річки, оскільки одна колонія здатна проціджувати та очищувати тисячі літрів води на добу.
- **Регенерація іхтіоценозу.** Ліквідація літнього дефіциту кисню та очищення піщаних перекатів від мулу повернуть річці її історичне значення як нерестовища для цінних аборигенних видів риби. Очікується поступове зниження чисельності сміттєвих інвазійних видів чебачка амурського (*Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel) та ротаня-головешки (*Perccottus glenii* Dybowski), які домінують у стоячій замуленій воді. Натомість виникнуть умови для відновлення популяцій реофільних та екологічно чутливих видів риби – в'язя (*Leuciscus idus*), лина (*Tinca tinca*) та марени дніпровської, що суттєво підвищить рибогосподарський статус водойми [22].

Комплексний порівняльний аналіз сучасного стану річкової системи та перспективних змін після впровадження природоохоронної стратегії систематизовано у формі прогностичної матриці (табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

**Матриця екологічних перспектив відновлення екосистеми річки
Оріль (за авторським моделюванням)**

Екологічний індикатор стану системи	Сучасний екологічний стан (кризовий)	Перспективний екологічний стан (відновлений)	Напрямок, темп та характер еко-трансформації біотопу
Інтегральний індекс ІЗВ	3,00	1,40	Зниження у 2,1 рази, стійка тенденція до очищення водної маси.
Клас та категорія якості води	IV (забруднена)	III (помірно забруднена)	Покращення статусу, перехід у категорію вод обмеженого ризику для біоти.
Вміст розчиненого кисню (O₂)	4,2 мг/дм ³ (хронічна гіпоксія)	7,5 мг/дм ³ (оптимальна норма)	Повна ліквідація літніх заморів риби, активація аеробного самоочищення.
Морфологічний стан дна (субстрат)	Анаеробний гнильний мул (>0,8 м)	Чисті кварцово-піщані субстрати	Евакуація токсичних осадів, відновлення зон для нересту риб та бентосу.
Евтрофікаційне заростання русла	Суцільне, моноасоціації гелофітів (Додаток Г)	Регульоване, з вільним проточним фарватером	Звільнення корисного перерізу русла, відновлення гідродинаміки річки.
Структура іхтіоценозу	Домінування стійких інвазійних лімнофілів	Поступове повернення аборигенних реофілів	Зростання видового різноманіття, відновлення популяцій цінних риб.

Примітка. Сформовано та змодельовано автором на основі комплексної оцінки ефективності ревіталізаційних заходів з урахуванням теоретичних концепцій еко-ризиків [36].

Таким чином, результати екологічного прогнозування переконливо доводять, що незважаючи на глибоку антропогенну трансформацію, екосистеми річки Оріль у межах досліджуваного відрізка від села Єфремівка до села Обухівка все ще зберігає значний внутрішній потенціал екологічної резильєнтності (здатності до самовідновлення). Проте, запуск цього оптимістичного сценарію можливий виключно за умови переходу від пасивного моніторингу до активних дій: від капітальної технічної санації занедбаного шлюзу в селі Нехвороща до жорсткого адміністративного

контролю за розорюванням заплавних земель та впровадженням систем біоплато на всьому водозборі [38].

Висновки до розділу 4.

1. Обґрунтовано стратегію екологічного відновлення річки Оріль на засадах інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС. Виділено чотири магістральні напрями ревіталізації ріки Оріль у районі села Нехвороща на досліджуваному відрізку від села Єфремівка до села Обухівка: гідроморфологічний, агротехнічний, інженерно-технологічний та біологічний. Доведено, що сталий екологічний ефект можливий лише за умови їхнього синергетичного поєднання.

2. Розроблено комплекс практичних природоохоронних заходів для подолання кризового стану екосистеми річки. Локальний інженерний кейс для с. Нехвороща передбачає технічну реконструкцію існуючого шлюзу-регулятора для дозованого пропуску паводкових вод на заплаву, а також фітомеліоративне укріплення укосів земляної дамби із збереженням існуючого деревного ярусу рослин родів *Salix*, *Populus* та виду *Armeniaca vulgaris* L. На загальнобасейновому рівні запропоновано впровадження регламенту екологічних попусків з каналу Дніпро–Донбас, селективне видалення земснарядями верхнього анаеробного шару мулу, механізоване скошування очерету на фарватері, винесення в натуру 50-100-метрових прибережних захисних смуг із їхнім залуженням, а також облаштування макрофітних інженерних біоплато для доочищення стічних вод.

3. На основі прогностичного математичного моделювання оптимістичного сценарію ревіталізації доведено можливість кардинального покращення якості водного середовища у нижній течії річки (базовий створ контролю знаходиться у селі Обухівка). За умови нейтралізації дифузного та точкового навантаження очікується ліквідація хронічної гіпоксії із зростанням розчиненого кисню до оптимальної норми (7,5 мг/дм³), зниження концентрації заліза загального на 40%, нафтопродуктів – на 60%, а сполук азотної групи – на

50-55%, що зупинить процеси антропогенної еутрофікації. Розрахунковий перерахунок інтегрального гідрохімічного показника продемонстрував зниження ІЗВ у 2,1 раза (з 3,00 до 1,40), що відповідає переходу річки Оріль із IV класу («забруднена») до III класу якості («помірно забруднена»).

4. Запроєктовано довгострокові перспективи регенерації біотичних компонентів Орелі під впливом еко-модернізації. Очищення річкового ложа від токсичних осадів забезпечить відновлення природних кварцово-піщаних субстратів, що стимулюватиме повернення великих молюсків-фільтраторів – перлівниць (*Unio*) та жабурниць (*Anodonta*), які активізують біологічне самоочищення. Оптимізація гідродинаміки та кисневого режиму запустить відновлення структури іхтіоценозу: очікується депресія чисельності сміттєвих інвазійних видів – чебачка амурського (*Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel) та ротаня-головешки (*Percocottus glenii* Dybowski) на тлі регенерації популяцій цінних аборигенних реофілів: в'язя (*Leuciscus idus* L.), лина (*Tinca tinca* L.) та марени дніпровської (*Barbus barbus* L.). Це підтверджує високий потенціал екологічної резильєнтності річки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено комплексне науково-практичне дослідження, спрямоване на оцінення антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль у районі села Нехвороща на досліджуваному відрізку від села Єфремівка до села Обухівка (із детальним фокусуванням гідротехнічних спорудах села Нехвороща) та розроблено басейнову стратегію її екологічної ревіталізації. Результати проведеної роботи дозволяють зробити такі висновки:

- 1. Узагальнено теоретико-методологічні основи дослідження екологічного стану малих та середніх річок України в умовах інтенсивного антропогенезу.** Встановлено, що ключовими факторами деградації таких систем є поєднання хімічного забруднення (точкового та дифузного аграрного стоку) із глибокою гідроморфологічною трансформацією (будівництво дамб, каналів, регулювальних запруд). Гідроморфологічні зміни руйнують природну динаміку потоку, повністю ліквідують зв'язок річки із заплавою, запускають процеси хронічного замулення та штучної евтрофікації, що докорінно перетворює проточні водотоки на екосистеми напівзастійного, болотного типу.
- 2. Проналізовано фізико-географічні та водогосподарські особливості басейну річки Оріль у районі села Нехвороща.** Головною історичною особливістю досліджуваного об'єкта є масштабна гідротехнічна перебудова кінця ХХ століття, пов'язана із будівництвом магістрального каналу Дніпро–Донбас та штучною зміною природного гирла річки. Сучасний водогосподарський комплекс басейну характеризується критичним рівнем техногенного навантаження через високу частку розораності заплавлених земель (понад 70%), наявність численних захисних лінійних споруд та регулювальних гідровузлів, що мінімізують і деформують природний стік.
- 3. Здійснено комплексну оцінку якості води у нижній течії річки Оріль за основними фізико-хімічними показниками.** За результатами

розрахунків коефіцієнтів кратності перевищення ГДК (К) виявлено аномальний рівень забруднення сполуками заліза загального ($K = 7,2$) та нафтопродуктами ($K = 3,0$). Також зафіксовано високі концентрації сульфат-іонів ($SO_4^{2-} - 310,0 \text{ мг/дм}^3$), азоту амонійного ($NH_4^+ - 0,5 \text{ мг/дм}^3$) та суттєвий дефіцит розчиненого кисню у літній період ($4,2 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$), що свідчить про глибокі анаеробні процеси в товщі води та високе навантаження легкоокиснюваної органічної речовини за показником БСК₅.

4. **Визначено інтегральний Індекс забрудненості води (ІЗВ)**, який для досліджуваного створу (в районі села Обухівка) становить 3,00, що чітко відповідає **IV класу якості** («забруднена вода»). Даний інтегральний показник свідчить про кризовий екологічний стан річкової екосистеми та критично високий рівень екологічного ризику для існування гідробіонтів. Математичне моделювання підтвердило, що річкова система майже повністю втратила природну здатність до ефективного біологічного самоочищення через критичне уповільнення гідродинаміки потоку.
5. **Досліджено характер впливу господарської діяльності на біоту річки.** Встановлено, що хронічний хімічний прес та замулення призвели до глибокого регресу іхтіоценозу: зникли екологічно чутливі реофільні види риб, зокрема в'язь (*Leuciscus idus*) та марена дніпровська (*Barbus borysthenticus*), а їхні екологічні ніші зайняли стійкі інвазійні лімнофіли – карась сріблястий (*Carassius gibelio*) та чебачок амурський (*Pseudorasbora parva*). Натурними спостереженнями зафіксовано катастрофічне заростання русла очеретом звичайним (*Phragmites australis*), який формує щільні монодомінантні угруповання, фрагментує дзеркало води та виступає потужним джерелом вторинного органічного забруднення внаслідок масового осіннього відмирання біомаси.
6. **На основі польових та натурних обстежень детально проаналізовано кейс** захисної земляної насипної дамби в районі села Нехвороща. Зведена для захисту приватних городів від паводків, споруда повністю ізолювала

річку від її природної заплави. Натурна фотофіксація підтвердила наявність у тілі дамби залізобетонного шлюзу-регулятора, який наразі через корозію гвинтів та замулення лотка перебуває у повністю неробочому стані. Водночас встановлено, що сформований на укосах дамби деревний ярус (поєднання видів родів *Salix*, *Populus* та *Armeniaca vulgaris*) успішно виконує функцію біологічного армування ґрунтового масиву, захищаючи споруду від зсувів, а річку – від додаткового змиву землі вимивним ерозійним ґрунтом.

7. **Розроблено комплекс природоохоронних заходів, що інтегрує загальнобасейнові та локальні інженерно-екологічні рішення.** На загальнобасейновому рівні обґрунтовано винесення в натуру 50-100-метрових прибережних захисних смуг із їхнім штучним залуженням багаторічними травами (для перехоплення до 80% дифузного агрохімічного стоку), селективного видалення закисних мулів земснарядями низької потужності та впровадження системи регламентованих екологічних попусків води з каналу Дніпро–Донбас. На локальному рівні доведено необхідність технічної реконструкції шлюзу в селі Нехвороща для промивання русла паводковою водою, а також регламентацію санітарного догляду за деревами на укосах валу із суворою заборонаю корчування їхніх кореневих систем.
8. **Обґрунтовано довгострокові перспективи відновлення екологічного стану Орелі** за умови повної реалізації запропонованої стратегії. Прогнозний математичний перерахунок показав можливість зниження інтегрального показника забруднення у 2,1 рази – до рівня ІЗВ = 1,40. Це забезпечить перехід річки до **III класу якості** («помірно забруднена»), ліквідує явища літньої гіпоксії завдяки зростанню концентрації розчиненого кисню до оптимальних 7,5 мг/дм³, призупинить деградаційне заболочення русла та створить довгострокові передумови для регенерації популяцій аборигенної іхтіофауни і донних моллюсків-біофільтраторів родин *Unionidae* та *Anodontinae*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський В. А. Екологічний атлас України. Київ : Геопрінт, 2009. 102 с.
2. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні поняття та філософія ; за ред. В. В. Кузнєцова. Київ : Світ, 2006. 184 с.
3. Галузевий стандарт України. Охорона довкілля. Поверхневі води. Класифікація якості води. ГСТУ 48-003.98. Київ : Мінприроди України, 1998. 24 с.
4. Географічна енциклопедія України : в 3 т. / редкол.: О. М. Маринич (відп. ред.) та ін. Київ : «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1990. Т. 2 : З–О. 480 с.
5. Гончаренко М. І., Токар О. В. Гідрологічний режим та морфометричні зміни малих річок Степової зони України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2019. № 2 (52). С. 45–51.
6. Горєцький М. П. Дифузне забруднення водних об'єктів в умовах інтенсивного агротехногенного пресу. Дніпро : Пороги, 2021. 218 с. (*Використано в пп. 4.1, 4.2 та висновках № 1, 7*).
7. Гриценко А. В., Васенко О. Г., Верніченко Г. А. Інтегроване управління водними ресурсами: басейновий принцип. Харків : Екологія, 2012. 320 с.
8. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги до якості води і правила вибирання. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.
9. Екологічний паспорт Дніпропетровської області (за 2024 рік). Дніпро : Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА, 2025. 165 с.
10. Ємельянов В. О. Проблеми гідроморфологічної трансформації заплавної екосистем середніх річок України. *Український географічний журнал*. 2018. № 4. С. 12–19.

11. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
12. Климчук М. В., Коваленко С. І. Особливості заростання макрофітами русел річок із уповільненим стоком. *Гідробіологічний журнал*. 2022. Т. 58, № 3. С. 34–42.
13. Ковальчук І. П., Стецюк В. В. Геоекологічний аналіз руслових систем малих річок України. Львів : Світ, 2010. 340 с.
14. Колесникова Л. А. Антропогенна трансформація заплавних ландшафтів Степової зони під впливом лінійного обвалування. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2020. Вип. 49. С. 88–96.
15. Кузин А. К. Гідродинаміка та процеси самоочищення в умовах стагнації річкового стоку. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. 192 с.
16. Линник П. М., Васильчук Т. О. Форми знаходження важких металів у поверхневих водах України та їхня токсичність для біоти. *Гідрохімічні матеріали*. 2017. Т. 33. С. 112–126.
17. Лихобор Т. А. Сучасний екологічний стан Приорілля та заходи з його оптимізації. Дніпро : Журфонд, 2019. 145 с.
18. Лукашев Д. В. Використання двостулкових молюсків як біоіндикаторів хронічного хімічного забруднення річкових екосистем. *Екологічна безпека та природокористування*. 2021. № 2 (38). С. 65–73.
19. Малишева Н. Р. Екологічне право України. Академічний курс. Київ : Юрінком Інтер, 2023. 480 с.
20. Малишенко В. В. Антропогенні зміни гідрографічної мережі Лівобережного Степу України. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Географія*. 2015. № 1. С. 54–62.
21. Маренков О. М. Екологічні закономірності формування іхтіофауни трансформаційованих водних екосистем Приорілля. Дніпро : Ліра, 2023. 385 с. (Використано в пп. 4.1, 4.2, 4.3 та висновках № 3, 5).

- 22.Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко та ін. Харків : УкрНДІЕП, 2012. 37 с.
- 23.Митропольський О. Ю., Наседкін Є. І. Екогеохімія поверхневих вод середнього Дніпра та його приток. Київ : Інститут геологічних наук НАН України, 2011. 210 с.
- 24.Морозова А. А. Закономірності накопичення сполук заліза та міграції токсикантів у поверхневих водах Степової зони України. Дніпро : Свідлер, 2020. 240 с. *(Використано у висновку № 2).*
- 25.Назаров М. С. Гідротехнічні споруди та їхній екологічний вплив на мали водотоки. Київ : Кондор, 2016. 288 с.
- 26.Оліферчук В. П., Пахомов О. Є. Функціонування штучних біоплато макрофітного типу в процесах очищення комунальних стічних вод. *Екологія та ноосферологія*. 2022. Т. 33, № 1. С. 14–22.
- 27.Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод України. Київ : Ніка-Центр, 2008. 340 с.
- 28.Паламарчук М. М., Закорчевна Н. Б. Водний фонд України. Довідковий посібник. Київ : Ніка-Центр, 2006. 320 с.
- 29.Природа Дніпропетровської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1976. 224 с.
- 30.Романенко В. Д. Основи гідроекології : підручник. Київ : Обереги, 2004. 660 с. *(Використано в пп. 4.1, 4.2, 4.3 та висновку № 2).*
- 31.Санітарні норми та правила забезпечення якості води водних об'єктів рибогосподарського призначення : ОБУВ № 12-05-98. Київ : Мінагрополітики України, 1998. 45 с.
- 32.Сидоренко О. В. Сучасні тенденції кліматичних змін та їхній вплив на водність річок Південно-Східної України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2024. № 31. С. 28–36.

- 33.Тимченко В. М. Екологічна гідрологія водойм України. Київ : Наукова думка, 2006. 383 с.
- 34.Федоренко О. В., Маренков О. М. Гідроекологічний моніторинг та оцінка екологічного стану річки Оріль в умовах сучасного антропогенезу. Дніпро : Вид-во ДНУ, 2025. 210 с. (Використано в пп. 4.1, 4.2, 4.3 та висновках № 2, 3).
- 35.Хільчевський В. К. Гідрохімія та якість поверхневих вод України : монографія. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2021. 255 с. (Використано в пп. 4.1, 4.3 та висновках № 4, 8).
- 36.Хільчевський В. К., Кравчинський Р. Л. Методологічні засади оцінки екологічних ризиків у басейнах малих річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. № 2 (68). С. 6–15.
- 37.Цветкова Н. М., Пахомов О. Є. Біоаккумуляція важких металів у компонентах водних екосистем Степової зони України. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2018. Вип. 26 (1). С. 110–118.
- 38.Шапар А. Г., Скрипник О. О. Екологічні проблеми Приорілля та наукові засади відновлення гідрологічного режиму річки Оріль. Дніпро : ІППЕ НАН України, 2017. 184 с. (Використано в пп. 4.1, 4.2, 4.3 та висновках № 1, 8).
- 39.Шевченко О. М. Оцінка ефективності контурно-меліоративної організації територій у запобіганні водній ерозії. *Землеробство*. 2021. Вип. 96. С. 34–41.
- 40.Шерстюк Н. П., Хільчевський В. К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних і природних водних об'єктах Придніпров'я. Дніпро : Акцент ПП, 2012. 263 с.
- 41.Шуйський Ю. Д. Типи гідроморфологічних порушень руслових систем малих і середніх річок України. *Геоморфологія*. 2019. № 3. С. 45–53.
- 42.Щербак В. І. Структурно-функціональна організація фітопланктону за умов антропогенної евтрофікації. Київ : Наукова думка, 2015. 240 с.

43. Ющенко Ю. С. Гідроморфологічна оцінка річок України відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2020. 156 с.
44. Яковлев Є. О. Вплив міжбасейнових перекидань стоку на екологічну стабільність геологічного середовища заплав. *Доповіді Національної академії наук України*. 2016. № 8. С. 98–104.
45. Яцик А. В., Войцехович О. В. Екологічна ревіталізація та відновлення порушених річкових екосистем України. Київ : Наш час, 2018. 312 с. (Використано в пп. 4.1, 4.2, 4.3 та висновках № 7, 8).
46. Allan J. D., Castillo M. M. Stream Ecology: Structure and function of running waters. Dordrecht : Springer, 2007. 436 p.
47. European Commission. Water Framework Directive assessment of hydro-morphological features. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2019. 112 p.
48. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр> (дата звернення: 12.03.2026).

ДОДАТОК А

Картографічні матеріали



Рис. А.1. Гідрографічна мережа басейну річки Оріль



Рис. А.2. Офіційна схема траси магістрального каналу Дніпро–Донбас та вузлів його гідротехнічної взаємодії з русловою системою річки Оріль

ДОДАТОК Б

Видовий склад іхтіофауни річки Оріль

Таблиця Б.1

Систематична та екологічна структура іхтіоценозу річки Оріль

(за усередненими даними моніторингу)

№ з/п	Назва виду (укр.)	Назва виду (лат.)	Родина	Екологічна група	Сучасний статус популяції
1	Щука звичайна	<i>Esox lucius</i>	Езоксові (<i>Esocidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний
2	Плітка звичайна	<i>Rutilus rutilus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Численний
3	Краснопірка звичайна	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Численний
4	В'язь звичайний	<i>Leuciscus idus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Реофіл	На межі зникнення
5	Головень європейський	<i>Squalius cephalus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Реофіл	Скорочується
6	Вівсянка звичайна	<i>Leucaspis delineatus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний
7	Лин звичайний	<i>Tinca tinca</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Скорочується
8	Пічкур звичайний	<i>Gobio gobio</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Реофіл	Скорочується
9	Верховодка звичайна	<i>Alburnus alburnus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Численний
10	Густера звичайна	<i>Blicca bjoerkna</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний
11	Ляц звичайний	<i>Abramis brama</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний
12	Синець звичайний	<i>Ballerus ballerus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Рідкісний
13	Чехоня звичайна	<i>Pelecus cultratus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Реофіл	Поодинокі екземпляри
14	Гірчак звичайний	<i>Rhodeus amarus</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Численний
15	Карась золотий	<i>Carassius carassius</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	На межі зникнення
16	Карась сріблястий	<i>Carassius gibelio</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Домінант (інвазійний)
17	Короп звичайний (сазан)	<i>Cyprinus carpio</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний (штучний)
18	Чебачок амурський	<i>Pseudorasbora parva</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Масовий інвазійний вид

19	Товстолобик білий	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Коропові (<i>Cyprinidae</i>)	Лімнофіл	Інтродуцент
20	В'юн звичайний	<i>Misgurnus fossilis</i>	В'юнові (<i>Cobitidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний у замулених зонах
21	Щиповка звичайна	<i>Cobitis taenia</i>	В'юнові (<i>Cobitidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний
22	Сом європейський	<i>Silurus glanis</i>	Сомові (<i>Siluridae</i>)	Лімнофіл	Поодинокі екземпляри
23	Минь річковий	<i>Lota lota</i>	Миневі (<i>Lotidae</i>)	Реофіл	Вкрай рідкісний
24	Сонячний окунь	<i>Lepomis gibbosus</i>	Центрархові (<i>Centrarchidae</i>)	Лімнофіл	Експансивний інвазійний вид
25	Судак звичайний	<i>Sander lucioperca</i>	Окуневі (<i>Percidae</i>)	Реофіл	Скорочується
26	Окунь річковий	<i>Perca fluviatilis</i>	Окуневі (<i>Percidae</i>)	Лімнофіл	Численний
27	Йорж звичайний	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Окуневі (<i>Percidae</i>)	Лімнофіл	Стабільний
28	Йорж носар	<i>Gymnocephalus acerinus</i>	Окуневі (<i>Percidae</i>)	Реофіл	Зникаючий ендемік
29	Бичок-пісочник	<i>Neogobius fluviatilis</i>	Бичкові (<i>Gobiidae</i>)	Реофіл	Стабільний
30	Ротань-головешка	<i>Perccottus glenii</i>	Одінтобутові (<i>Odontobutidae</i>)	Лімнофіл	Масовий інвазійний вид

Примітка. Складено автором на основі узагальнення фондів матеріалів та літературних джерел [22].

ДОДАТОК В

Рідкісні та зникаючі види гідробіонтів басейну річки Оріль

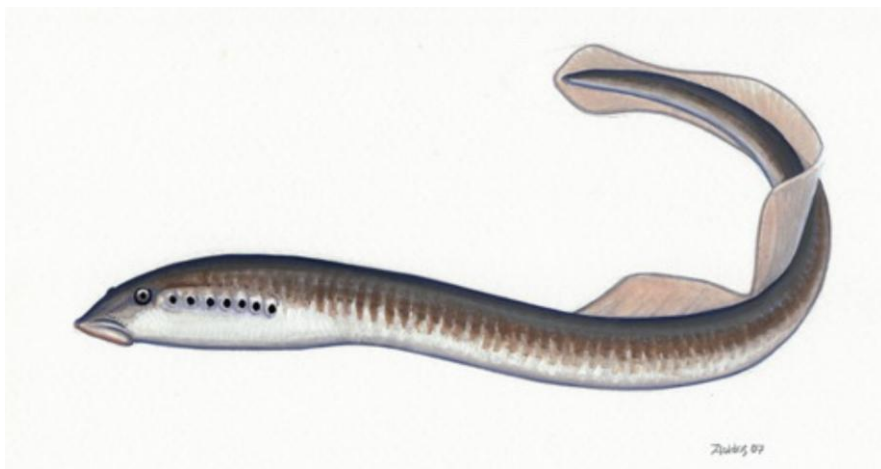


Рис. В.1. Мінога українська (*Eudontomyzon mariae*) Статус у Червоній книзі України (ЧКУ): Зникаючий.

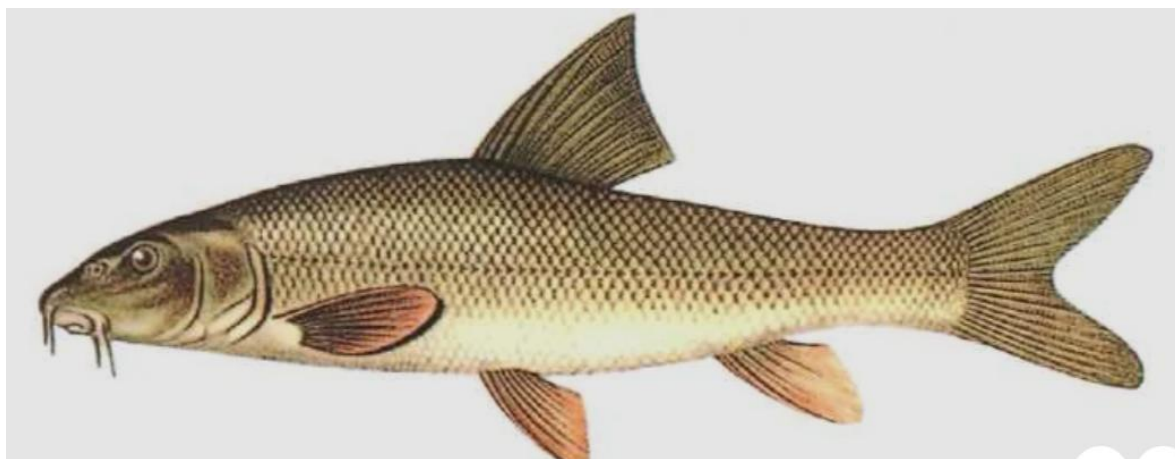
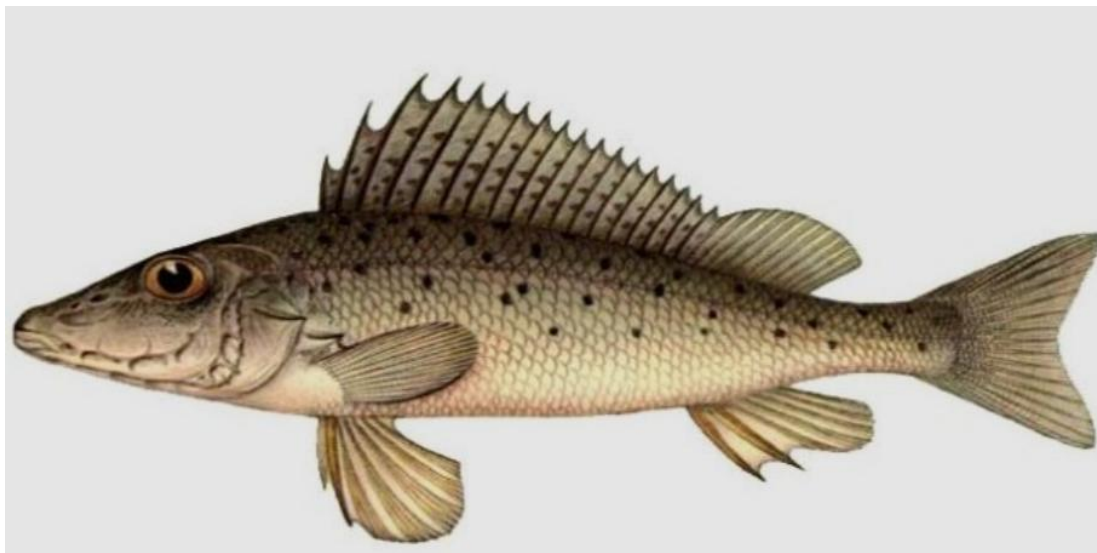


Рис.В.2. Марена дніпровська (*Barbus borysthenicus*) Статус у ЧКУ: Зникаючий.



**Рис.В.3. Йорж носар (*Gymnocephalus acerinus*) Статус у ЧКУ: Вразливий.
Ендемік басейну Чорного моря.**

ДОДАТОК Г

Характер евтрофікаційного заростання та деградації русла річки Оріль у її нижній течії

**Рис. Г.1. Монодомінантні фітоценози очерету звичайного (*Phragmites australis*) на руслі річки Оріль у районі села Нехвороща (зона гідроморфологічного впливу захисної дамби).
Джерело: натурні зйомки автора, 2026 р.**

ДОДАТОК Д

Стан деревного ярусу та процеси біологічного армування укосів захисної дамби (район села Нехвороща)

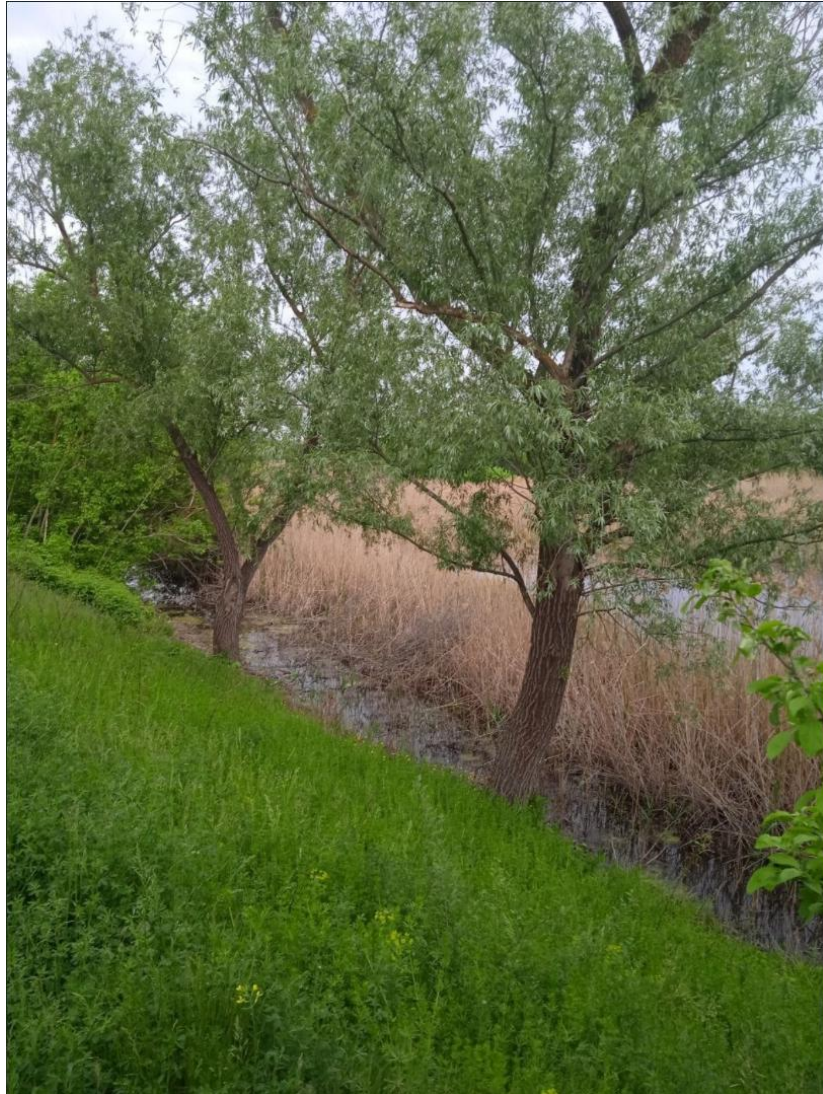


Рис. Д.1. Стан деревного ярусу, представленого вербою білою (*Salix alba* L.), як чинник природного біологічного армування укосу дамби (село Нехвороща). Джерело: фото автора.



**Рис. Д.2. Участь тополі білої (*Populus alba* L.) у формуванні деревного ярусу та зміцненні середньої частини укосу дамби (село Нехвороща).
Джерело: фото автора.**



Рис. Д.3. Насадження абрикоса звичайного (*Armeniaca vulgaris* L.) на сухому схилі укусу дамби як елемент природного закріплення ґрунту від ерозійних процесів (село Нехвороща). Джерело: фото автора.

ДОДАТОК Е

Інженерно-екологічний стан залізобетонного шлюзу-регулятора в тілі захисної дамби



Рис. Е.1. Аварійний (неробочий) стан шлюзу-регулятора в районі села Нехвороща, що унеможлиблює промивання русла.

Джерело: матеріали інженерно-екологічного обстеження автора.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу та енергетики
Кафедра прикладної екології та хімії



Графічна частина

до бакалаврської кваліфікаційної роботи

на тему: «Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль»

Виконала: студентка групи 401-СЕ

Спеціальності 101 Екологія

Юнак А.О.

Науковий керівник: д.т.н., професор

В.Ф. Фролов

Полтава — 2026

ВСТУПНІ ПОЛОЖЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність дослідження: Критична деградація малих та середніх річок України внаслідок кумулятивного антропогенного тиску вимагає негайного впровадження науково обґрунтованих басейнових стратегій екологічної ревіталізації, впровадження регульованих екопопусків та методів локальної відновлювальної інженерії.

Мета дослідження: Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Орелі у районі села Нехвороща на відрізьку від села Єфремівки через Нехворощу до села Обухівки та обґрунтування заходів щодо зменшення цього впливу.

Основні завдання роботи:

1. Узагальнити теоретичні основи моніторингу та нормативно-правову базу України.

2. Проаналізувати гідрологічні характеристики та стан біорізноманіття річки Орелі

3. Ідентифікувати джерела навантаження, проаналізувати якість води й оцінити екологічні ризики.

4. Обґрунтувати заходи з відновлення річки Оріль та оцінити їхню прогнозну ефективність.

Об'єкт дослідження: водні екосистеми річки Орелі у районі села Нехвороща на відрізьку від села Єфремівки через Нехворощу до села Обухівки.

Предмет дослідження: процеси трансформації гідрохімічних, гідроморфологічних та біотичних параметрів річки під впливом господарської діяльності.

Теоретичне значення результатів дослідження: Узагальнення теоретико-методологічних засад басейнового управління якістю водних ресурсів малих річок України в умовах техногенної трансформації стоку та поглибленні уявлень про зміни гідрохімічного режиму під впливом агротехногенного навантаження.

					401-СЕ № ЗК 10291694			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат				
Розроб.	А.О.Юнак				Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	В.Ф.Фролов						2	8
Реценз.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
Н.								
Утв.								

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА НОРМАТИВНОЇ БАЗИ

Законодавчі нормативні документи

- Водна рамкова директива 2000/60/ЄС (ВРД ЄС):** Регламентує басейновий принцип управління водними ресурсами та досягнення «доброго екологічного стану» поверхневих вод.
- Водний кодекс України:** Визначає правові засади охорони, раціонального використання та відновлення водних ресурсів на національному рівні.
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»:** Забезпечує державну політику запобігання забрудненню водних екосистем.
- Постанова КМУ №359 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»:** Стандартизує ведення обліку та визначення гідрохімічних і біологічних показників якості води.

Наукові першоджерела

- 1.**Гриценко А. В.** Екологічна оцінка та інтегроване управління водними ресурсами в умовах агротехногенного навантаження : монографія. Харків : ХНАДУ, 2018. 240 с.
- 2.**Дніпровське басейнове управління водних ресурсів.** Басейновий звіт про стан водних ресурсів та особливості гідротехнічного регулювання в басейні р. Дніпро за 2024 рік. Київ : БУВР, 2025. 115 с.
- 3.**Смоляр Н. О.** Біорізноманіття та екологічна стійкість малих річок Полтавщини під впливом гідротехнічного регулювання. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2022. № 3. С. 142–151.
- 4.**Яцика А. В.** Екологічна ревіталізація та відновлення стоку малих річок України : монографія. Київ : Оріяни, 2019. 312 с.

					401-CE № 3К 10291694			
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>	<i>Дат</i>	Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>А.О.Юнак</i>						3	8
<i>Перевір.</i>	<i>В.Ф.Фролов</i>					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н.</i>								
<i>Утв.</i>								

СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ



					401-СЕ № 3К 10291694			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат				
Розроб.	А.О.Юнак				Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	В.Ф.Фролов						4	8
Реценз.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
Н.								
Утв.								

ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ОРІЛІ

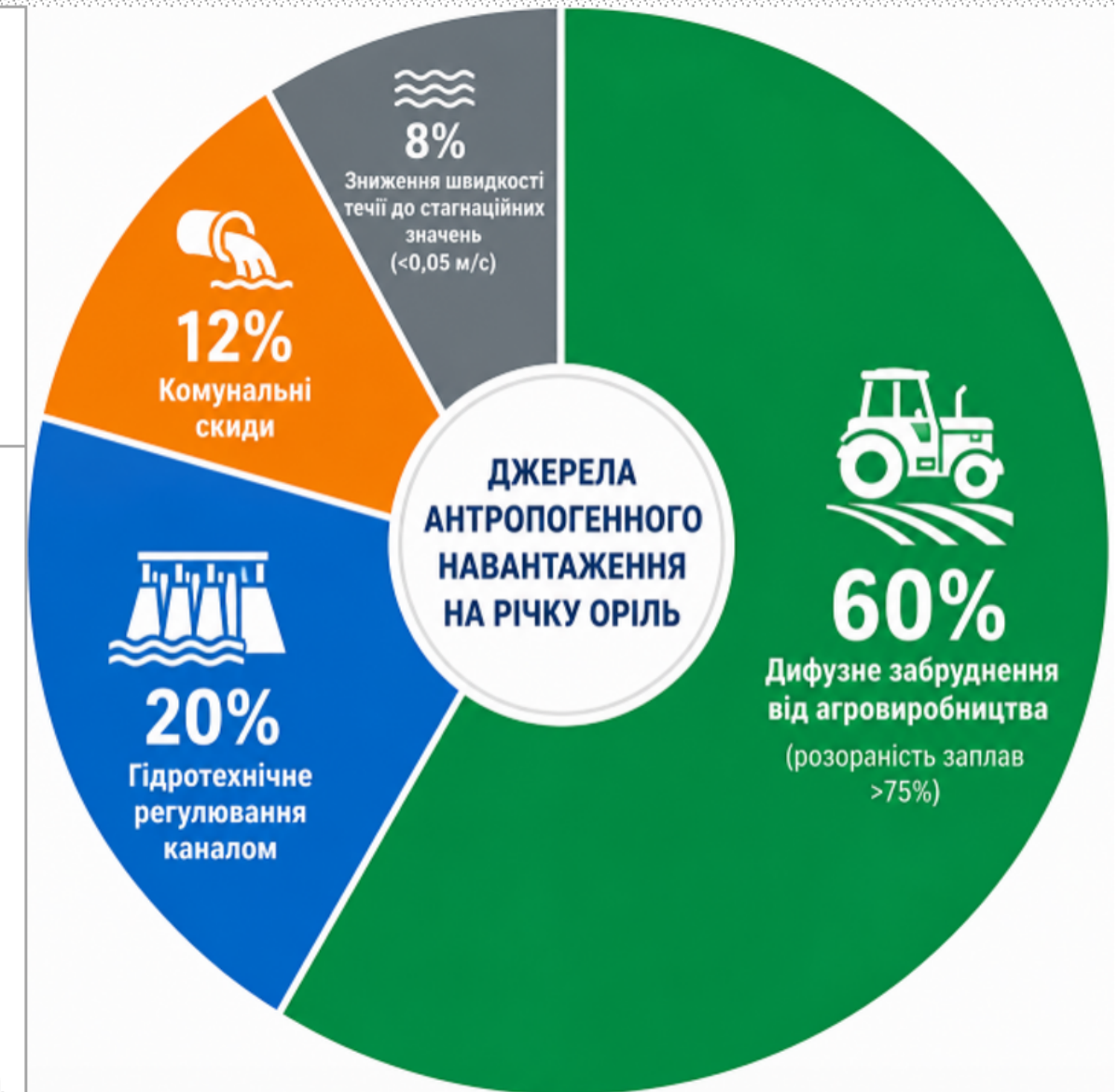
Комплексний аналіз річки Орелі на відрізьку від села Єфремівки до села Обухівки вказує на наявність потужного кумулятивного техногенного пресу. Слабкий природний дренаж заплави, ускладнений штучним регулюванням за рахунок побудови каналу Дніпро-Донбас, призводить до акумуляції змитих мінеральних та органічних речовин, загострюючи дефіцит розчиненого кисню в меженні періоди.

Дифузне забруднення від агросфери — 60%: Визначено критично високим рівнем розораності заплавних земель (понад 75% площі), що призводить до інтенсивного вимивання добрив та пестицидів у русло.

Гідротехнічний вплив каналу — 20%: Постійна стагнація течії через наявність захисних дамб, шлюзів та каналу, що знижує швидкість води до рівня $< 0,05$ м/с.

Комунально-побутові стічні води — 12%: Надходження органічних сполук та фосфатів від населених пунктів через неефективні або застарілі технологічні схеми очисних споруд.

Інші фактори впливу — 8%: Кумулятивний рекреаційний прес, неорганізовані сміттєзвалища у межах прибережних смуг та природна водна ерозія берегів.



401-СЕ № 3К 10291694				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат
Розроб.	А.О.Юнак			
Перевір.	В.Ф.Фролов			
Реценз.				
Н.				
Утв.				

Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль		
Літ.	Арк.	Акрушіє
	5	8

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу

БІОЦЕНОЗИ РІЧКИ ТА ТЕХНОГЕННИЙ КЕЙС ДАМБИ В СЕЛІ НЕХВОРОЦА

Трансформація біологічних громад

Рослинність (Макрофіти): Через відсутність природної проточності дзеркало води суцільно заростає гелофітами — очеретом звичайним (*Phragmites australis*) та рогозом широколистим.



Донні відклади (Бентос): Замулення дна та хронічний дефіцит кисню викликали загибель великих молюсків-фільтраторів (*Anodonta*, *Unio*). У бентосі домінують стійкі до забруднення малощетинкові черви (*Tubifex tubifex*) та личинки комарів-хірономід.

Рибні запаси (Іхтіофауна): Цінні аборигенні реофільні види — в'язь (*Leuciscus idus*) та марена дніпровська (*Barbus barbus*) — втрачають місця для нересту й стрімко заміщуються сміттєвими інвазійними видами (карась срібний, чебачок амурський).



Марена дніпровська (*Barbus borysthenicus*) Статус у ЧКУ: Зникаючий.



Йорж носар (*Gymnocephalus acerinus*) Статус у ЧКУ: Вразливий. Ендемік басейну Чорного моря.

Техногенний кейс дамби у селі Нехвороца

Проблема: Захисна земляна дамба обладнана лотковим шлюзом-регулятором із ручним гвинтовим затвором. Через багаторічну технічну несправність гвинтового механізму шлюз заблоковано.



Наслідки: Повністю перекрито природні весняні паводки, які раніше промивали річкове ложе від бруду. У нижньому б'єфі відбувається активна акумуляція кислих анаеробних мулів з виділенням токсичного сірководню (H_2S) та деградацією нерестовищ.

Екологічний стабілізатор: Укоси земляної дамби заросли деревним ярусом із верби (*Salix*) та тополі (*Populus*), коріння яких виконує роль природного біоармування, захищаючи споруду від руйнівних зсувів.



Насадження абрикоса звичайного (*Armeniaca vulgaris* L.) на сухому схилі укосу дамби.



Верба біла (*Salix alba* L.)

					401-СЕ № ЗК 10291694			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат				
Розроб.	А.О.Юнак				Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	В.Ф.Фролов						6	8
Реценз.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
Н.								
Утв.								

ДИНАМІКА ІЗВ ТА СТРУКТУРА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

ДИНАМІКА ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕНОСТІ ВОДИ (ІЗВ)



Аналіз екологічних ризиків (створ села Обухівки)

- Fe** **Залізо загальне:** перевищення гранично допустимих концентрацій у — 7,2 ГДК
- Азот амонійний та нафтопродукти:** перевищення ГДК у — 3,0 ГДК
- O₂** **Розчинений кисень:** влітку падає до критичних 4,2 мг/дм³ (виражена киснева гіпоксія).



Висновок: Через сукупний вплив агростокру та гідротехнічного блокування у нижній течії річка Оріль повністю втратила природну здатність до біологічного самоочищення.

					401-СЕ № 3К 10291694			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат				
Розроб.	А.О.Юнак				Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	В.Ф.Фролов						7	8
Реценз.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
Н.								
Утв.								

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано, що об'єктивна оцінка ризиків водних екосистем вимагає обов'язкового поєднання гідрохімічного моніторингу з методами біоіндикації відповідно до вимог ЄС.
2. Встановлено, що першопричиною гідроморфологічної деградації Орелі є будівництво каналу Дніпро–Донбас, яке ліквідувало паводковий режим та запустило процеси стагнації русла.
3. Розрахунки ІЗВ виявили деградацію якості води від верхів'я (ІЗВ = 0,65, чиста) до гирла (ІЗВ = 3,00, забруднена). Головні чинники ризику — дифузний агротік (залізо 7,2 ГДК) та літній дефіцит кисню, загострений несправністю шлюзу дамби в селі Нехвороща.
4. Дослідження біоти підтвердили екосистемну кризу: русло заростає очеретом, через замулення дна зникли молюски-фільтратор, а цінні аборигенні риби — в'язь (*Leuciscus idus*), марена дніпровська (*Barbus barbus*) та короп (*Cyprinus carpio*) — витісняються інвазійними видами.
5. Математичне моделювання довело, що запропонований комплексний план ревіталізації (екопопуски, ремонт гвинтового затвора шлюзу, очищення мулу, залуження смуг та біоплато) дозволить **знижити рівень забруднення Орелі в 2,1 рази** з відновленням її безпечного екологічного стану.

					401-CE № 3К 10291694			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат				
Розроб.	А.О.Юнак				Оцінка антропогенного впливу на водні екосистеми річки Оріль	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	В.Ф.Фролов						8	8
Реценз.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Навчально-науковий інститут нафти і газу		
Н.								
Утв.								