

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С. З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Допускається до захисту
«_____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
наук. ступ., вч. зв. (ім'я та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр

(рівень вищої освіти)

**на тему: «Оцінка екологічного стану ріки Дністер в межах Львівщини та
розробка науково-обґрунтованих природоохоронних заходів»**

Виконав: студент групи Еко-63

спеціальності 101 «Екологія»

СТРУК Богдан Іванович

Львів 2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет агротехнологій та екології
Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Галузь знань 10 «Природничі науки»
Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри _____
к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Струку Богдану Івановичу

1. Тема роботи: «Оцінка екологічного стану ріки Дністер в межах Львівщини та розробка науково-обґрунтованих природоохоронних заходів»

Затверджена наказом по університету № 906/ к-с від 31 грудня 2024 р.

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 05 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, нормативні документи, методики виконання досліджень, законодавча база України.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

- 1 Огляд літератури

- 1.1 Екосистемні функції та значення річкових систем у контексті сталого розвитку

- 1.2 Сучасні підходи до інтегрованого управління водними ресурсами

- 1.3 Нормативно-правові засади управління якістю поверхневих вод

- 2 Об'єкт, умови та методика досліджень

- 2.1 Фізико-географічні та гідрологічні особливості Верхнього Дністра в контексті кліматичних змін

- 2.2 Обґрунтування вибору показників для оцінки стану Дністра

- 3 Результати дослідження

- 3.1 Аналіз стійкості річкової екосистеми басейну Дністра на Львівщині в умовах антропогенного навантаження, кліматичної дестабілізації та воєнних ризиків

- 3.2 Просторова диференціація екологічного стану та динаміка гідрохімічних показників ріки Дністер

- 3.3 Оцінка вторинного забруднення Дністра та прогнозування концентрації токсичних речовин в умовах гідрологічної дестабілізації

3.4 Синергія енергетичного переходу та екологічної стійкості басейну Дністра в умовах воєнних ризиків та трансформації землекористування

3.5 Стратегічні вектори екологічної політики та практичні заходи з ревіталізації басейну Дністра

3.6 Впровадження природоорієнтованих рішень та створення багатозонних буферних смуг для мінімізації дифузного забруднення басейну Верхнього Дністра

4 Охорона праці

4.1 Охорона праці у сфері природокористування

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях в басейні річок

4.3 Захист населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру

Висновки

Бібліографічний список

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості)

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	Бальковський В.В., доцент кафедри екології			
4	Гордійчук Л.М., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 22 вересня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	22.09.24 р.– 31.12.24 р.	
2	Написання розділу «Об’єкт, умови та методика дослідження»	01.01.25 р.– 01.03.25 р.	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	02.03.25 р.– 30.09.25 р.	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення в умовах надзвичайних ситуацій», формулювання висновків, оформлення списку використаних літературних джерел	01.10.25 р.– 30.11.25 р.	

Студент _____ Богдан СТРУК
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Володимир БАЛЬКОВСЬКИЙ
(підпис)

УДК 502.51:556.53(282.247.42):504.062(477.85)

Оцінка екологічного стану ріки Дністер в межах Львівщини та розробка науково-обґрунтованих природоохоронних заходів. Струк Богдан Іванович. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Львів, ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького, 2025. 78 с.

78 ст. текст. част., 15 табл., 18 рис., 50 джерел

У роботі здійснено комплексну оцінку екологічного стану річки Дністер у межах Львівської області з використанням інтегрованих методів аналізу, що відповідають вимогам Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/ЕС), Цілей сталого розвитку ООН, підходів Європейського зеленого курсу та рекомендацій провідних міжнародних організацій. Проведено оцінку фізико-хімічних, біологічних і гідроморфологічних показників, аналіз супутникових даних, трендовий аналіз впливу кліматичних змін, а також дослідження антропогенних і воєнних ризиків, які формують сучасний стан водних екосистем. Виявлено основні осередки екологічного ризику басейну, пов'язані з комунально-побутовими стоками, аграрними ландшафтами, деградацією прибережних смуг та інфраструктурною уразливістю в умовах воєнного стану.

Обґрунтовано необхідність розроблення науково обґрунтованих природоохоронних заходів у логіці зеленої відбудови, що включають модернізацію систем очищення стічних вод за європейськими стандартами, впровадження природоорієнтованих рішень, екологізацію аграрного виробництва, відновлення прибережних екосистем, інтегроване управління водними ресурсами та розвиток water–energy–food nexus-підходу.

Проаналізовано питання охорони праці та захист населення.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Екосистемні функції та значення річкових систем у контексті сталого розвитку	8
1.2 Сучасні підходи до інтегрованого управління водними ресурсами	10
1.3 Нормативно-правові засади управління якістю поверхневих вод	12
2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	18
2.1 Фізико-географічні та гідрологічні особливості Верхнього Дністра в контексті кліматичних змін	18
2.2 Обґрунтування вибору показників для оцінки стану Дністра	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
3.1 Аналіз стійкості річкової екосистеми басейну Дністра на Львівщині в умовах антропогенного навантаження, кліматичної дестабілізації та воєнних ризиків	33
3.2 Просторова диференціація екологічного стану та динаміка гідрохімічних показників ріки Дністер	46
3.3 Оцінка вторинного забруднення Дністра та прогнозування концентрації токсичних речовин в умовах гідрологічної дестабілізації	50
3.4 Синергія енергетичного переходу та екологічної стійкості басейну Дністра в умовах воєнних ризиків та трансформації землекористування	54
3.5 Стратегічні вектори екологічної політики та практичні заходи з ревіталізації басейну Дністра	61
3.6 Впровадження природоорієнтованих рішень та створення багатозонних буферних смуг для мінімізації дифузного забруднення басейну Верхнього Дністра	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
4.1 Охорона праці у сфері природокористування	68
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях в басейні річок	69
4.3 Захист населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру	72
ВИСНОВКИ.....	73
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	75

ВСТУП

Актуальність теми. Дністер – це не просто «річка Львівщини», а транскордонна водна артерія, яка забезпечує питною водою близько 8 мільйонів людей в Україні та Молдові. Вона є ключовою для водопостачання, енергетики, зрошення, біорізноманіття та кліматичної стійкості регіону, а також є найбільш чутливим до кліматичних змін та антропогенного тиску річковим басейном. Протягом останніх років через зміну клімату Дністер переживає маловодні фази: з 2011 року відзначається стійке зниження літнього стоку на 20–40 % порівняно з попередніми періодами. Це ускладнює водопостачання і погіршує екологічний стан басейну.

Актуальність дослідження посилюється повномасштабною агресією рф. Хоча бойові дії не зосереджені на Львівщині, загальний тиск на довкілля країни (переміщення населення, перенесення виробництв, зміни логістики, зміни у генерації енергії) опосередковано впливає і на басейн Дністра, спричиняючи перевантаження інфраструктури та зміну водокористування. У воєнний час зросли ризики аварій, порушення логістики небезпечних вантажів та зменшення контролю якості стічних вод, що робить питання водної безпеки стратегічним.

Україна офіційно ухвалила всі 9 Планів управління річковими басейнами, включно з Дністром, у листопаді–грудні 2024 року – це частина імплементації Водної рамкової директиви ЄС та Угоди про асоціацію. Водна політика та «зелений курс» ЄС вимагають декарбонізації, збереження водних екосистем, нульового забруднення, стійкості до зміни клімату, роблячи Дністер важливим полігоном для реалізації цих принципів.

В умовах воєнного стану важливо підкреслити зростання значення локальних, стійких до атак джерел енергії (зокрема, відновлюваних джерел енергії та малих гідроелектростанцій), як необхідного елемента енергетичної безпеки та децентралізації. Проте, неконтрольований розвиток таких об'єктів може створювати додатковий тиск на річкові екосистеми, вимагаючи суворого дотримання екологічних стандартів та інтегрованого управління водними ресурсами.

Попередні дослідження Дністра (у рамках проєктів GEF–UNDP–OSCE–UNECE, трансграничних діагностичних досліджень) не враховували повною мірою воєнний стан, новий контекст Планів управління річковими басейнами на 2025–2030 роки та посилені кліматичні ризики. Це вимагає оновленої та сфокусованої оцінки саме для Львівської області.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягала у комплексній оцінці екологічного стану річки Дністер в межах Львівської області та у розробці науково-обґрунтованих заходів його охорони й відновлення у парадигмі зеленої відбудови.

Для досягнення мети поставлено завдання:

- проаналізувати дані державного моніторингу якості води та водокористування в басейні Дністра, зосередивши особливу увагу на показниках та тенденціях, зафіксованих у межах Львівської області;
- виявити джерела забруднення та кількісні зміни стоку під впливом клімату;
- визначити динаміку змін гідрорежиму під впливом кліматичних факторів (зокрема, нестабільних опадів і посух);
- оцінити вплив антропогенних факторів на гідрохімічний та екологічний стан річки;
- обґрунтувати зміну водного режиму та критеріїв екологічного стану;
- розробити рекомендації й заходи для покращення екологічного стану річки Дністер в регіоні, з урахуванням кращих міжнародних практик та стану існуючої інфраструктури;

Об’єкт дослідження: басейн річки Дністер на території Львівської області (верхній Дністер і його притоки).

Предмет дослідження: екологічний стан поверхневих вод Дністра та чинники антропогенного тиску.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екосистемні функції та значення річкових систем у контексті сталого розвитку

Річкові системи відіграють ключову роль у забезпеченні сталого розвитку, виконуючи водорегулюючі, гідрологічні, біотичні, кліматоутворюючі та соціально-економічні функції.

У глобальному вимірі річки є критичним компонентом досягнення Цілі сталого розвитку SDG 6 («Чиста вода та санітарія»). Згідно з даними ООН, Всесвітньої організації охорони здоров'я та ООН-Вода (UN-Water), близько 40 % населення світу залежить від річок як основного джерела прісної води [43, 49]. Річки містять понад 30 % доступних поверхневих вод та формують основу для іригації, яка забезпечує до 40 % світового виробництва продовольства [35]. Продовольча та сільськогосподарська організація ООН наголошує, що 70 % глобального водокористування припадає саме на аграрний сектор [34].

У межах Європи частка річкових вод у забезпеченні питного водопостачання сягає близько 60 % (в окремих країнах Центрально-Східної Європи – понад 75 %) [1]. Річки також є суттєвим елементом розвитку економіки. За даними Європейського агентства з довкілля, річкові екосистеми щорічно генерують екосистемні послуги на суму понад €20 млрд у секторах рибальства, рекреації та водопостачання. Річковий транспорт забезпечує 5–7 % внутрішніх вантажних перевезень, а понад 100 млн осіб щороку використовують річкові території для туризму та відпочинку [1].

Для України, зокрема для басейнів Дністра, Дніпра, Південного Бугу та Тиси, річки забезпечують: питне водопостачання понад 70 % населення, є основою для малого гідроенергетичного виробництва, сприяють розвитку зеленого туризму та підтримують локальні економіки.

Річкові екосистеми є осередками біорізноманіття: на них припадає близько 10 % світових видів риб та значна частка безхребетних, що формують основу

водних харчових ланцюгів. За оцінками Програми ООН з навколишнього середовища, річкові та заплавні екосистеми забезпечують понад 20 критичних екосистемних послуг, які полягають у:

- забезпеченні питною водою населення та господарського сектору;
- регуляції гідрологічного режиму (контролю повеней та поверхневого стоку), фільтруванні забруднювачів (самоочищення вод) та стабілізації мікроклімату (зменшення теплового стресу для урбанізованих територій);
- депонуванні (секвестрації) вуглецю (що важливо для боротьби зі зміною клімату) та підтримці біорізноманіття (зокрема, популяцій риб та водно-болотної фауни);
- забезпечення рекреаційних та туристичних можливостей;
- стабілізації мікроклімату та зменшення теплового стресу для населених пунктів.

Особливо важливими є функції заплавлених систем та прибережних буферних зон. Відповідно до Шостого оціночного звіту IPCC (AR6), ці системи відіграють ключову роль у підтримці водного балансу територій і регулюванні температури повітря [1, 11]. Їхня функція як природних буферів проявляється у:

- згладжуванні наслідків екстремальних явищ (повені та посухи) та зниженні пікових паводкових витрат річки на 10–30 %.
- затриманні завислих часток (до 70 %) та трансформації біогенних речовин (40–60 % нітратів і фосфатів проходять біогеохімічні цикли у ризосфері) [10].
- зменшенні ефекту «міського теплового острова».

Дані Copernicus Land Monitoring Service свідчать, що у межах Європи площа природних заплав за останні 30 років скоротилася на понад 30 % [1, 22], що прямо впливає на здатність річкових систем до самовідновлення.

Незважаючи на критичне значення річок, звіт Європейського агентства довкілля «State of Water Report» (2023) показує, що лише 39 % річкових водних мас ЄС досягають «доброго» екологічного стану за класифікацією Водної рамкової директиви. Основними викликами є: аграрне дифузне забруднення

(нітратами, фосфатами), гідроморфологічні порушення, недостатня якість комунальних стоків, вплив зміни клімату та накопичення мікрозабруднювачів. Ці проблеми є релевантними і для українських річкових систем, зокрема Дністра, де спостерігається підвищений тиск аграрних ландшафтів та гідроморфологічних змін русел.

Європейський зелений курс визначає стратегічний курс на відновлення річкових систем, що включає: досягнення нульового рівня забруднення до 2050 року, відновлення деградованих екосистем, підвищення кліматичної стійкості та інтеграцію природоорієнтованих рішень. Це вимагає від країн-кандидатів, включно з Україною, гармонізації політики відповідно до вимог Директиви 2000/60/ЄС та імплементації підходів інтегрованого управління водними ресурсами.

1.2 Сучасні підходи до інтегрованого управління водними ресурсами

На сучасному етапі розвитку екологічної науки відбувається парадигмальний зсув від фрагментарного водокористування до інтегрованого управління водними ресурсами. Згідно з визначенням Глобального водного партнерства та Програми ООН з навколишнього середовища, інтегроване управління водними ресурсами базується на розумінні води як цілісної екосистеми, а не простого ресурсу для споживання [1, 22]. Для басейну річки Дністер, що є транскордонним водним об'єктом, цей підхід є безальтернативним у контексті виконання Україною зобов'язань за Угодою про асоціацію з ЄС. Цей екосистемний підхід, закріплений у європейському законодавстві, зокрема у Водній рамковій директиві (ВРД), що змінила пріоритети з суто господарських на екосистемні [4].

На відміну від традиційних підходів, що фокусувалися виключно на хімічному складі, директиви та стандарти UNEP (Всесвітня оцінка якості води) висувають на перший план біологічну складову. Згідно зі звітами за 2024 рік,

якість води розглядається через призму концепції «One Health», що нерозривно пов'язує стан водних екосистем, біорізноманіття та здоров'я людини [22].

Основні відмінності сучасного підходу (UNEP/EU WFD) від традиційного відображені в таких аспектах:

1. по-перше, застосовується басейновий принцип управління: управління здійснюється в межах гідрографічних одиниць (районів річкових басейнів), а не адміністративних кордонів. Для Львівщини це має вирішальне значення, оскільки Верхній Дністер розглядається як ключова зона формування стоку, стан якої критично впливає на середню та нижню течію (Молдова, Одеська область);

2. по-друге, сучасний підхід вимагає чіткої типології водних об'єктів та ідентифікації масивів поверхневих вод, кожен із яких повинен мати свої референсні (еталонні) умови. Наприклад, для гірської ділянки Дністра (Турківського району) еталоном є оліготрофна система з високим вмістом кисню, тоді як для рівнинної (Жидачівського району) допускається певна природна евтрофікація;

3. по-третє, інтегровано економічний аналіз водокористування, який ґрунтується на принципах «забруднювач платить» та відшкодування витрат на надані екосистемні послуги.

Згідно з останніми звітами Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), сучасне управління водними ресурсами повинно інтегрувати кліматичні ризики [14, 16, 22]. Для басейну Дністра це передбачає врахування прогнозованого збільшення частоти та інтенсивності гідрологічних екстремумів (як катастрофічних паводків, так і тривалих посух). Це, своєю чергою, вимагає термінового впровадження адаптивних стратегій, які UNEP класифікує як «Nature-based Solutions» (природоорієнтовані рішення).



Рисунок 1.1 – Концептуальна схема природоорієнтованих рішень [1]

Важливо зазначити, що природоорієнтовані рішення, такі як відновлення заплав та водно-болотних угідь, є ключовими для природної регуляції стоку, зниження пікових навантажень та підвищення стійкості екосистеми. Відновлені заплави діють як природні губки, акумулюючи надлишкові води під час паводків і повільно вивільняючи їх під час межені (посух), чим стабілізують рівень води. Крім того, ці екосистеми виконують функцію біогеохімічних фільтрів, перехоплюючи біогенні речовини та важкі метали, що сприяє самоочищенню річки і підвищенню якості води.

1.3 Нормативно-правові засади управління якістю поверхневих вод

Ефективне управління якістю поверхневих вод як у Європі, так і в Україні, ґрунтується на комплексній системі нормативно-правових документів. Ця система охоплює вимоги щодо екологічного стану, моніторингу, попередження забруднення, транскордонного водного співробітництва та адаптації до змін клімату. У контексті євроінтеграції Україна імплементує ключові директиви Європейського Союзу, положення міжнародних водних конвенцій та власні національні механізми управління басейнами річок.

Ключовим документом водної політики ЄС є Водна Рамкова Директива Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики» (2000/60/EC). Вона визначає принципи управління поверхневими, підземними та прибережними водами, а її основною метою є досягнення «доброго екологічного та хімічного стану» (*good ecological and chemical status*) для всіх водних мас до 2027 року [4, 5, 16, 19].

Таблиця 1.1 – Критерії оцінки екологічного статусу водних масивів відповідно до моделі Водної рамкової директиви [19, 30, 31]

Статус	Клас	Категорія	Колір титрування	Ступінь відхилення
Відмінний	I – дуже чиста, (high), (extented natural biological quality)	Дуже чиста	Синій	Відсутні або незначні зміни характерні для об'єкта в непорушеному стані
Добрий	II – чиста, (good), (slightly impaired biological quality)	Чиста Достатньо чиста	Зелений	Низький рівень порушень та мале відхилення від значень характерних для об'єкта в непорушеному стані
Задовільний	III – забруднена, (moderate), (moderately impaired quality)	Слабо забруднена Помірно забруднена	Жовтий	Помірне відхилення від значень характерних для об'єкта в непорушеному стані
Поганий	IV – брудна, (poor), (severely impaired biological quality)	Брудна	Оранжевий	Значні зміни значень та відсутність невеликої частини біологічних популяцій характерних для об'єкта в непорушеному стані
Дуже поганий	IV – дуже брудна, (bad), (no macroinvertebrates present, Indicating excessive toxicity)	Дуже брудна	Червоний	Дуже сильні зміни значень та відсутність великої частини біологічних популяцій характерних для об'єкта в непорушеному стані

Важливим аспектом є те, що згідно з європейськими стандартами, екологічний стан не може бути визначений як «добрий», якщо біота пригнічена (наприклад, через зарегулювання русла або зміну гідрологічного режиму), навіть якщо хімічні показники в нормі. Це принципово змінює підхід до природоохоронних заходів для Дністра на Львівщині, зміщуючи акцент з інженерних рішень на комплексну ренатуралізацію річки.

Система європейського водного законодавства доповнюється спеціалізованими директивами:

- Директива про нітрати (91/676/ЕЕС) спрямована на зменшення забруднення вод нітратами зі сільськогосподарських джерел. Це особливо актуально для басейну Дністра, де, за оцінками FAO, до 60 % загального азотного навантаження формується аграрним сектором [19];
- Директива щодо очищення міських стічних вод (91/271/ЕЕС), оновлена у 2022 році, передбачає суворіший контроль за видаленням азоту й фосфору, упровадження технологій доочищення від мікрозабруднювачів та підвищення енергоефективності водоочисних систем;
- Директива про екологічні норми якості (2008/105/ЕС) встановлює перелік пріоритетних речовин, гранично допустимі концентрації та механізми контролю хімічного стану вод; оновлення 2023 року включило нові категорії мікрозабруднювачів, зокрема PFAS (пер- і поліфторалкільні речовини) [22].

Імплементация ВРД в українське законодавство призвела до суттєвої трансформації нормативної бази. Ключовим моментом стало прийняття Постанови Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» [4, 5, 19]. Цей документ гармонізує українську систему моніторингу з європейською, адаптуючи положення Водної рамкової директиви та Директиви про пріоритетні речовини.

Національна нормативно-правова база, що деталізує управління:

- Водний кодекс України визначає правові засади раціонального використання вод, встановлює поняття прибережних захисних смуг, басейнового принципу управління та вимоги до державного моніторингу водних ресурсів [5].

- На підставі кодексу розробляються Плани управління річковими басейнами (рис. 1.2). У 2022–2024 роках затверджено дев'ять ПУРБ, серед яких План управління річковим басейном Дністра (Наказ Міндовкілля № 286 від 2022 року), який визначає масиви поверхневих вод, основні джерела антропогенного навантаження, екологічні цілі до 2030 року та комплекс заходів [22, 29, 35].



Рисунок 1.2 – Послідовність етапів впровадження інтегрованого управління водними ресурсами (за методологією EUWI+) [35]

- Важливу роль відіграють методичні документи Міндовкілля (2020–2023 роки) щодо класифікації екологічного стану, біологічних індексів та гідроморфологічних показників, які забезпечують сумісність української системи оцінки якості вод із моделлю Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради.

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз підходів до нормування якості води

Характеристика	Традиційна система (ГДК рибогосп.)	Європейська система (ВРД ЄС / Наказ №45)
Основний об'єкт	Вода як хімічний розчин	Водна екосистема (біота + середовище)
Критерій норми	Відсутність перевищення ГДК	Відхилення від референсних (природних) умов
Моніторинг	Переважно хімічний	Біологічний + Хімічний + Гідроморфологічний
Регламентуючий документ	Узагальнений перелік ГДК	Екологічні стандарти якості (EQS) для специфічних басейнових речовин

У транскордонному вимірі управління басейном Дністра регулюється Договором між Україною та Республікою Молдова «Про співробітництво у сфері охорони та сталого розвитку басейну річки Дністер» (чинний з 2017 року). Документ визначає спільні механізми моніторингу, запобігання транскордонному забрудненню та координацію адаптації до кліматичних змін [1, 16]. У рамках цього Договору функціонує Дністровська комісія.

Транскордонний аспект також підтримується Конвенцією UNECE про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер, яка зобов'язує сторони проводити спільні оцінки кліматичних ризиків. Зокрема, у 2022–2023 роках Європейська економічна комісія Організації Об'єднаних Націй (UNECE) опублікувала аналітичні огляди щодо впливу зміни клімату на режим водності Дністра [1].

Слід зазначити, що важливим інструментом є платформа **EU4WaterData**, (EU4Environment – Water Resources and Environmental Data) [16], запущена ЄС у 2023–2024 роках, яка надає відкриті дані для порівняння екологічного статусу річок у країнах Східного партнерства, включаючи Україну [1].

Отже, нормативно-правова база формує багаторівневу систему, що інтегрує вимоги ЄС, міжнародні екологічні угоди та національне законодавство України (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Концептуальна схема конкурентного розвитку водного господарства [16]

Для басейну Дністра це правове підґрунтя є критично важливим, оскільки виконання вимог ВРД та спеціалізованих директив ЄС створює передумови для досягнення доброго екологічного стану, підвищення кліматичної резилієнтності водних екосистем та інтеграції України у європейську систему екологічного управління.

2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Фізико-географічні та гідрологічні особливості Верхнього Дністра в контексті кліматичних змін

Дністер – друга за довжиною річка України (після Дніпра) та дев'ята в Європі. Басейн річки охоплює площу близько 72 000 км², з яких на територію України припадає понад 70 % водозбору. Річка бере початок у Карпатах на території Львівської області на висоті ~911 м над рівнем моря, а далі протікає через сім областей України та Республіку Молдова, впадаючи в Дністровський лиман Чорного моря. Дністер має стратегічне значення, оскільки забезпечує прісною водою, зрошенням та гідроенергетикою мільйони мешканців обох країн.

Верхня частина басейну, що включає Львівську та Івано-Франківську області, розташована в Українських Карпатах, з висотами верхів'я до ~1 000 м над рівнем моря і поступовим переходом у передгірські зони. На території Львівщині течія Дністра та його крупних приток проходить переважно через гористий і передгірський рельєф з глибокими долинами та значною мережею малих притоків.

Місцеві громади активно використовують річку для питного водопостачання, господарства та рибальства. Долина Дністра також має важливі ендемічні та історико-культурні цінності.

Дністер у Львівській області – гірська та передгірська річка з багатьма притоками (Стрий, Стрвяж, Болозівка тощо). Його басейн характеризується переважно лісистим та гористим рельєфом зі значними коливаннями стоку залежно від сезону. Рельєф басейну характеризується інтенсивною ерозією, переважанням гірських порід (пісчаники, сланці, карбонати) із шириною долин від 100 м до 1,5 км та великою кількістю крутих схилів (до 35-40°). Долини приток часто мають стрімкі укоси і високий гідравлічний потенціал, що обумовлює швидку реакцію річкової системи на опади.



Рисунок 2.1 – Карта басейну річки Дністер та його водозбору [11]

Аналіз просторової структури Львівської області засвідчує домінуючу роль району річкового басейну Дністра, гідрографічні межі якого охоплюють 50,1% адміністративної території регіону. При цьому вказана зона характеризується високим рівнем урбанізації, акумулюючи 62,4% загальної чисельності населення області.

Геоморфологічна структура верхів'я басейну Дністра характеризується складним поєднанням різномірних тектонічних елементів, локалізуючись у зоні контакту південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи з орографічними системами Українських Карпат та Передкарпатського прогину. Таке розташування зумовлює високу мозаїчність природних умов Львівщини та специфіку формування річкового стоку.

Незважаючи на значні просторові параметри та високу коефіцієнт розгалуження гідрографічної мережі, басейн річки Дністер не класифікується за системою суббасейнів вищого порядку. Це свідчить про його сприйняття у системі управління як унітарного гідрологічного об'єкта. Відносно проста гідрографічна морфологія є ключовим фактором, що обумовлює відсутність деталізованого ієрархічного поділу [3, 11].

Згідно з національною системою державного регулювання, басейн Дністра поділено на 12 водогосподарських ділянок (рис. 2.2). Ця адміністративно-управлінська сегментація забезпечує підвищення ефективності моніторингу та водогосподарської діяльності. У межах басейну ідентифіковано 499 річок (з площею водозбору, що перевищує 10 км²) та 33 водосховища із сумарним об'ємом, що перевищує 1 млн м³ [3, 14, 16, 48].

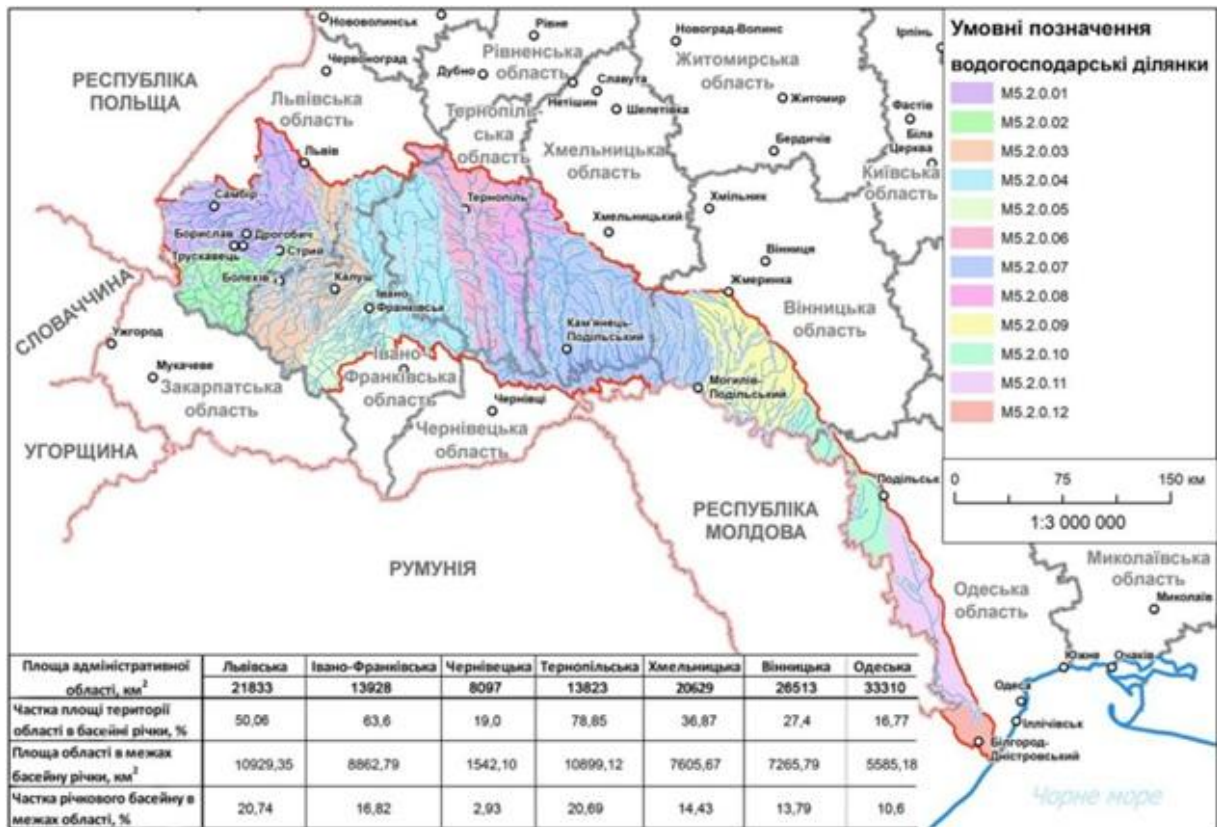


Рисунок 2.2 – Карта інтегрованого гідрографічного та водогосподарського районування басейну Дністра [11]

Історично гідрологічний режим цієї ділянки характеризувався паводковим типом живлення з чітко вираженими весняними сніговими повеннями та літньо-осінніми паводками (до 5–8 паводків на рік), що обумовлено гірським характером та значною кількістю опадів. Середній довгостроковий модуль стоку верхньої частини басейну становить приблизно 45–50 л/с·км² (на Львівщині – близько 48 л/с·км² станом на 2023 рік).

Унаслідок комплексної геологічної еволюції, морфологія басейну річки Дністер вирізняється значною амплітудою та різноманітністю геоформ. Для цілей деталізованого географічного аналізу та вивчення регіон підлягає поділу на низку фізико-географічних областей і районів, які систематизовано та представлено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Схема фізико-географічної та морфологічної сегментації басейну Дністра

Природ-на зона	Фізико-географічна провінція	Фізико-географічна область	Фізико-географічний район
Лісостепова зона	Західно-Українська провінція	I. Розточчя і Опілля	1. Щирецький 2. Бибрсько-Перемишлянський 3. Район Рогатинського Опілля 4. Район Придністровського Опілля
		II. Західно-Подільська область	5. Вороняки 6. Тернопільський рівнинний фізико-географічний район 7. Товтровий кряж 8. Західно-Подільське Придністров'я
		III. Північно-Подільська область	9. Авратинська височина 10. Городоцько-Хмельницький
		IV. Прут-Дністровська область	11. Тлумач-Городенківський 12. Район Хотинської височини 13. Кельменецький
	Дністровсько-Дніпровська провінція	V. Придністровсько-Подільська лісостепова область	14. Могилівське Придністров'я 15. Ямпільське Придністров'я
		VI. Південно-лісостепова область Подільської височини	16. Дністровсько-Кодинський 17. Дністровсько-Ягорлицький
Степова зона	Правобережно-Дніпровську північно - степова провінція	VII. Степова область південних відрогів Подільської височини	18. Дністровсько-Кучурганський
	Причорно-морська середньо степова провінція	VIII. Дунайсько-Дністровська степова зона	19. Сарата-Білгород-Дністровськ 20. Сасик-Будацький
		IX. Дністровсько-Бугська степова обл. Причорноморської низовини	21. Дністровсько-Тилігульський 22. Одеський
Українські Карпати		X. Область Передкарпаття	23. Сансько-Дністровський 24. Верхньодністровський 25. Дрогобицький 26. Стрийсько-Жидачівський 27. Присвіцький 28. Ломницько-Болахівський 29. Прилуквинський 30. Бистрицький 31. Бистрицько-Прутський
		XI. Область зовнішніх Карпат	32. Крайове низькогір'я 33. Верхньо-Дністровські Бескиди 34. Сколевські Бескиди 35. Скибові (Зовнішні) Горгани
		XII. Вододільно-Верховинська область	37. Стрийсько-Санська верховина

Морфометричний аналіз басейну засвідчує, що його гірська та передгірська частина, попри мінорну територіальну частку (близько 9 %), є визначальною для водного режиму річки. Саме завдяки цій розгалуженій мережі, що збирає опади з карпатських схилів, у верхів'ї формується лівова частка – близько двох третин – річного об'єму стоку Дністра.

Верхній Дністер у межах Львівської області являє собою типову гірсько-передгірську гідрографічну мережу, яка характеризується значним коефіцієнтом розгалуження та інтегрує потужні правобережні притоки (Стрий, Лімниця, Бистриця, Стрв'яз, Болозівка). Геоморфологічна структура басейну детермінує інтенсивні ерозійні процеси, обумовлені переважанням сланців, пісковиків та карбонатів, а також наявністю схилів критичної крутизни (до 35–40). Річище пролягає через території із широтною варіативністю долин (від 100 м до 1,5 км), що в сукупності обумовлює високий гідравлічний потенціал та миттєву гідрологічну реакцію на атмосферні опади.

Річка Дністер у своїй верхній течії, в межах Львівської області, виконує критично важливу функцію формування стоку для всієї транскордонної системи. Річковий стік формується за змішаним типом: до 55–60 % припадає на дощове та атмосферне живлення, близько 25–30 % – на снігове, і решта – підземне та ґрунтове.

Аналіз гідрометеорологічних даних за період 2015–2025 років свідчить про суттєву трансформацію водного балансу під впливом глобальних кліматичних змін, що корелює з висновками Шостої оцінювальної доповіді (AR6) Міжурядової групи експертів зі зміни клімату [1]. Згідно з регіональними моделями клімату для Східної Європи, на території басейну Верхнього Дністра фіксується чіткий тренд до аридизації клімату у вегетаційний період та збільшення нерівномірності розподілу опадів [1, 12, 18].

Ця гідрологічна дестабілізація виявляється у критичних змінах внутрішньорічного розподілу стоку:

- якщо раніше гідрограф річки мав відносно плавні переходи, то зараз фіксується чергування екстремальних явищ. Почастішали випадки

катастрофічних «миттєвих паводків» (flash floods), коли рівень води може підніматися на 3–5 метрів за добу (червень 2020 року);

– спостерігається подовження періодів літньо-осінньої межени (маловоддя). Теплі зими та відсутність стійкого снігового покриву призводять до зникнення класичної весняної повені як основного джерела поповнення запасів ґрунтових вод. Літні катастрофічні паводки мають руйнівну силу, але не забезпечують довготривалого обводнення заплав.

Критично низькі витрати води у руслі Дністра фіксувалися у 2022–2024 роках (нижче 40 м³/с у автоматизованій станції Галича), що є прямим наслідком підвищення середньорічної температури повітря на 1,2 порівняно з кліматичною нормою 1961–1990 рр. Аридизація клімату призводить до зниження водності річок Карпатського регіону у вегетаційний період на 15–20 % [1, 16].

Ці зміни, за даними Служби моніторингу зміни клімату європейської програми спостереження за Землею «Copernicus», призводять до зниження розбавляючої здатності річки у літній період [1]. При зниженні витрат води до критичних позначок, концентрація забруднюючих речовин зростає в геометричній прогресії, що провокує так званий «ефект концентрування». Це стає ключовим фактором деградації екосистеми Дністра, спричиняючи дефіцит розчиненого кисню та загибель гідробіонтів.

У межах Львівської області річка тече крізь смуги змішаних лісів і гірських пасовищ, а в долині розташовані аграрні угіддя та населені пункти, які створюють антропогенне навантаження. Регіон має низку водогосподарських систем (водосховища, гідрологічні постійні станції), які регулюють стік і використовуються для зрошення та гідроенергетики.

Зона поширення широколистяних лісових формацій у верхній частині басейну Дністра характеризується високим індексом густоти гідрографічної мережі. Ключовою ландшафтно-географічною особливістю цього регіону є паралельна орієнтація долин лівих приток, що є визначальною рисою морфології водозбору.

Переважна більшість річок цієї ділянки демонструє субмеридіональне спрямування течії, протікаючи, головним чином, у напрямку з півночі на південь. Ця орієнтація є важливою для розуміння регіональної гідродинаміки.

Гідрографічна мережа басейну річки Дністер характеризується виразною просторовою нерівномірністю розподілу, що детерміновано регіональними ландшафтно-географічними умовами.

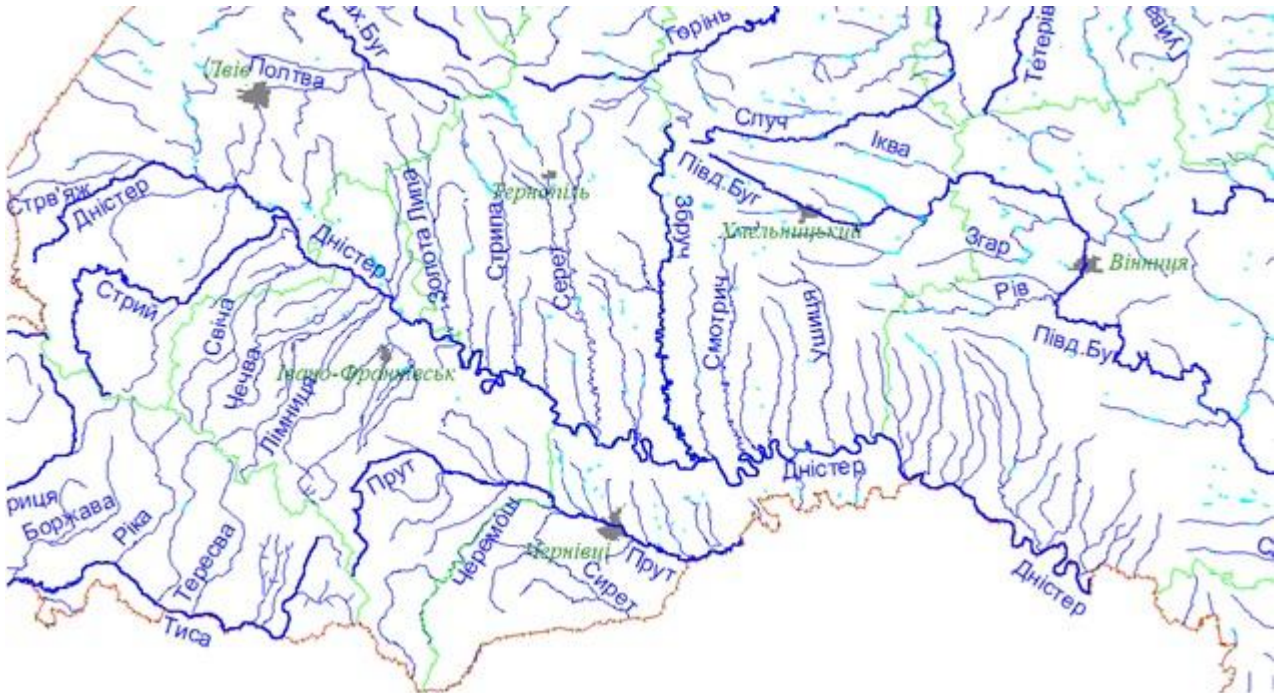


Рисунок 2.3 – Схема водозбору Дністра та гідрографічної мережі Верхнього Подністров'я [3, 11]

У гірських районах Карпат гідрографічна мережа набуває форми густої сітки, демонструючи високий коефіцієнт густоти ($1,0\text{--}1,5 \text{ км/км}^2$). На Подільській височині густота помітно знижується ($0,5\text{--}0,7 \text{ км/км}^2$). У нижній течії річки щільність мережі є мінімальною (близько $0,2 \text{ км/км}^2$).

Загалом у басейні Дністра верифіковано 14 886 водотоків. З огляду на значну гідрографічну різноманітність, Доманицьким А.П. [14] запропоновано класифікацію, яка включає п'ять основних гідрографічних груп: карпатські річки, річки Розточчя, подільські ріки, бесарабські ріки та південно-степові річки.

Таблиця 2.2 – Гідрографічна характеристика найбільших приток басейну Дністра

Притоки Дністра	Характеристика
1	2
Річка Стрв'яж	ліва притока Дністра, більша частина басейну якої є гірською країною. Береги долини до м. Хирів мають висоту до 100 м, сильно порізані ярами та балками. Як максимальний, так і мінімальний рівні на р. Стрв'яж можуть спостерігатися в будь-яку пору року, що характерно для всіх карпатських приток Дністра, у яких різкі підйоми води постійно чергуються з не менш різкими спадами [14].
Річка Стрий	найбільша з правобережних приток Дністра. Витоки Стрия знаходяться на висоті близько 1000 м. Річка тече по широкій долині в досить нестійкому, гравійному руслі. Береги русла в більшості випадків круті, часто скелясті, у верхній течії висотою до 40 м [26]. Для верхньої течії річки характерні найвищі в басейні Дністра величини модуля стоку 20-21 л/с. Характеризується великою мінливістю рівневого режиму.
Річка Свіча	бере початок з хребта Вишківських Горган на висоті 1155м. Загальна довжина річки 107 км, з них більше половини припадає на карпатську частину [3]. У верхів'ях долина Свічі вузька з крутими схилами, часто трапляються обриви. Ширина русла в межах Передкарпаття коливається в межах 20-50 м, глибини не перевищують 1,5 м.
Річка Лімниця	права притока Дністра. За довжиною – це найбільша ріка (122 км) з карпатських приток Дністра після Стрия (113 км). Площа водозбору 1430 км ² . Русло сильно звивисте, прокладено в грубих, гравійних наносах. Поряд з гравієм знаходяться глина і пісок. Лімниця характеризується нестійким рівневим режимом, частим проходженням паводків, викликаних як таненням снігу в горах, так і випаданням зливових дощів. Виключно високі катастрофічні паводки мають дощове походження.
Річка Бистриця	починається біля с. Вовчинець, з річок Бистриця Солотвинська і Бистриця Надвірнянська. Довжина річки від місця злиття до гирла 15 км. Дно долини складено глинисто-піщаними ґрунтами, зайнято луками і заростями верби. Русло сильно звивисте, береги русла низькі, в ряді місць укріплені, але кріплення сильно зруйновано [11].

<i>1</i>	<i>2</i>
Річка Бистриця Надвірнянська	права притока р. Бистриці. Витоки знаходяться на північному схилі г. Чорна Клева на висоті близько 1600 м. Долина до с. Пасічна носить гірський характер, вузька, береги високі, схили круті і вкриті густими лісами. Русло дуже звивисте, утворює численні рукави.
Річка Бистриця Солотвинська	лівий витік Бистриці. Бере початок під горою Сивуля (1818 м), біля державного кордону з Румунією [16]. Долина річки переважно дуже широка, лівий берег її високий, крутий, порізаний ярами і численними невеликими долинами – лівими притоками ріки. Русло річки сильно розгалужене і покрите галечником. Сезонний розподіл стоку характеризується нестійким режимом та частими паводками.
Річка Серет	ліва притока Дністра, впадає на 912 км від гирла. Річка є типовою для подільських приток Дністра, і водозабір її є плоскою, але сильно порізаною водотоками та балками територією. Витоки Серету та верхня його течія мають широкі заболочені долини, де побудовані великі стави і водосховища. Термічний режим річки характеризується тим, що у верхів'ях протягом року температура води досить висока, особливо взимку $+2^{\circ}\text{C}$ – $+3^{\circ}\text{C}$. Це пов'язано з виходом більш теплих підземних вод, які живлять річку.
Річка Золота Липа	ліва притока Дністра. Долина переважно трапецієподібна, широка. Заплава двостороння, завширшки від 40 м до 1,5 км. Водний режим характеризується весняною повінню, коли стік становить 48-50% від загально річного, літньо-осіння межень часто переривається дощовими паводками. У верхів'ях і середній течії річки у зв'язку з виходами підземних вод складаються специфічні термічні умови додатні зимові температури [11].

Домінантні кліматичні параметри, що включають температурний режим, рівень відносної вологості та інтенсивність атмосферних опадів, є ключовими факторами, що детермінуються гідрологічним режимом річкової системи, трансформуються едафічними умовами та активізуються геохімічним циклом у басейні Дністра, формуючи його унікальний екологічний профіль [7].

Формування кліматичних параметрів верхньої та середньої ділянок басейну Дністра детерміновано макрорельєфними структурами, зокрема

впливом Карпатської гірської системи та Волинської височини. Ця протяжність спричиняє значну кліматичну диференціацію та просторову гетерогенність його водозбору, що прямо впливає на біорозмаїття та ландшафтну структуру.

Орографічний вплив Карпат сприяє формуванню прохолодної і високо вологої кліматичної фази у гірській частині. На противагу, південні сегменти басейну підпадають під домінантний вплив атлантико-континентальних повітряних мас, що обумовлює континентальний характер клімату з нестабільною зимовою фазою (з чергуванням адвекцій холоду та термічних відлиг) та інтенсивною літньою спекою [16].

У гірській зоні водозбору спостерігається зниження температурного фону атмосфери при одночасному підвищенні відносної вологості. Натомість, південні райони басейну інкорпоровані до Чорноморської кліматичної підобласті, що є складовою атлантико-континентальної степової кліматичної області. Ця диференціація створює просторову неоднорідність гідротермічних умов у межах усього басейну.

Клімат басейну відповідає перехідному між помірно-континентальним і гірським. Середня річна температура становить близько $+6,5^{\circ}\text{C}$ (січня – близько -4°C , липня – $+17^{\circ}\text{C}$). Середньорічна сума опадів у верхній карпатській зоні сягає 1100–1300 мм (наприклад, станція «с. Верхній Стрий» має 1230 мм), тоді як у долині цей показник знижується до 650–750 мм (м. Самбір – 820 мм). Температурний режим має чітку тенденцію до підвищення: за період 1989–2021 рр. встановлено статистично значущий позитивний тренд середньорічної температури ($+0,23^{\circ}\text{C}$ за десятиліття) у верхній частині басейну.

Збереження біотичного різноманіття басейну Дністра забезпечується розгалуженою системою природоохоронних територій, яка інтегрована у загальноєвропейську Смарагдову мережу (Emerald Network). У межах басейну ідентифіковано 59 об'єктів цієї мережі, що підтверджує виняткове природоохоронне значення регіону. Водночас, фіксуються нові виклики для екологічної безпеки: об'єкт UA0000332 «Долина р. Дністер у Львівській області» зазнав прямого та опосередкованого впливу внаслідок військових дій, що потребує оцінки збитків.

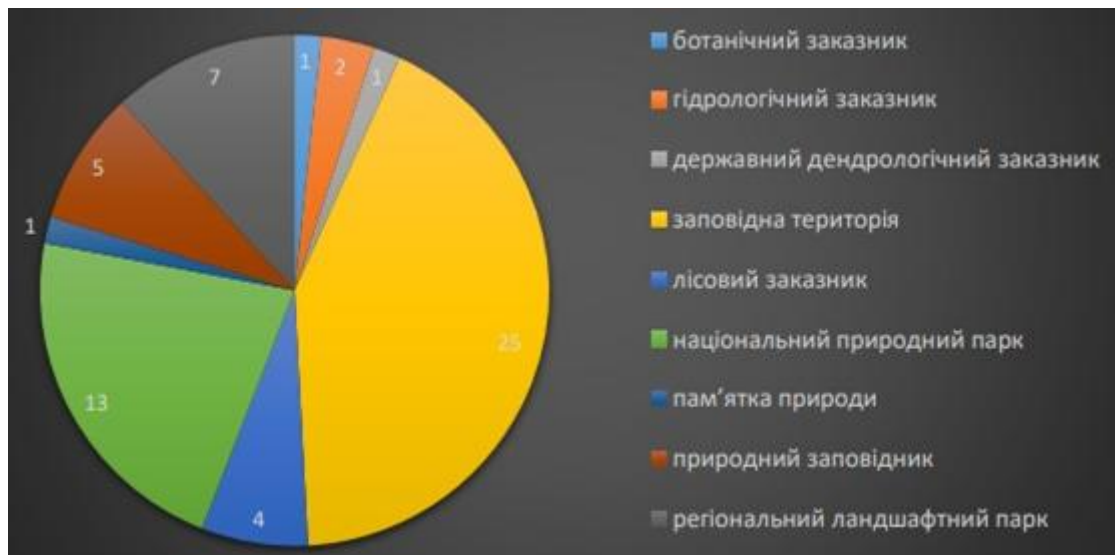


Рисунок 2.4 – Структура об'єктів Смарагдової мережі за природоохоронними категоріями [22]

Просторова структура екомережі Львівської області включає низку репрезентативних об'єктів, таких як ПЗ «Розточчя» (20,83 км²), НПП «Сколівські Бескиди» (356,96 км²) та «Яворівський» (71,20 км²), РЛП «Верхньодністровські Бескиди» (85,76 км²) та долину Дністра (336,28 км²). Завдяки заповідному режиму, верхів'я басейну зберігають статус регіонального центру біорізноманіття, де верифіковано 43 раритетні види фауни. Флористичне ядро території представлене корінними лісовими формаціями (Piceeta, Abieta, Fageta, Querceta), які демонструють високу стійкість до зовнішніх впливів.»

Для орнітофауністичного комплексу басейн верхнього Дністра історично була притаманна висока індексна видова різноманітність птахів, асоційованих із водно-болотними екосистемами. В ретроспективі ці гідрофільні види переважно використовували природні водойми для ніздування та репродукції.

Однак, внаслідок двох інтенсивних хвиль антропогенної трансформації ландшафтів, пов'язаних із меліоративними роботами (проведеними наприкінці XIX – поч. XX століть), більшість автентичних водно-болотних біотопів зазнала незворотної деградації. Це призвело до критичної втрати їхньої екологічної функціональності як середовища існування та, відповідно, зниження потенціалу для гніздування гідрофільних птахів [22].

Біотичний компонент верхів'я Дністра вирізняється високою індексацією раритетності, що підтверджується його представництвом у міжнародних та національних охоронних переліках.

Зокрема, серед біоценозів та окремих видів зафіксовано:

- 9 таксонів, інкорпорованих до Міжнародного червоного списку;
- 17 видів, включених до Європейського червоного списку;
- 30 видів, що мають офіційний статус охорони в Червоній книзі України;
- 43 таксони, занесені до регіонального переліку рідкісних тварин Львівської області.

Така концентрація рідкісних видів свідчить про високий природоохоронний потенціал та індикаторну цінність екосистеми Верхнього Дністра.

Грунтовий покрив басейну річки Дністер вирізняється комплексною диференціацією, яка прямо корелює з географічним положенням та літологічним складом материнських порід.

У межах Прикарпаття, Розточчя, Опілля та Подільського плато домінують середньо- та легкосуглинкові пилуваті ґрунти.

Натомість, у Карпатському регіоні, на продуктах вивітрювання твердих порід, генезис ґрунтів призвів до формування піщано-середньосуглинкових типів із значною часткою щебеню.

На Волино-Подільській височині ключову роль у педогенезі відіграли леси та лісоподібні породи, що спричинило формування чорноземів та сірих лісових опідзолених ґрунтів.

Така гранулометрична різноманітність критично впливає на фільтраційні характеристики ґрунтів та їхню здатність до акумуляції біогенних елементів у басейні.

Станом на 2024 рік, для моніторингу якості води на річках басейну Дністра у межах Львівщини було розгорнуто 93 стаціонарних пункти на 77 ділянках водних масивів (20 з них – на водоймах питного водопостачання, 13 – на транскордонних ділянках). Це підкреслює високу важливість річки для питного водопостачання та транскордонного співробітництва.

2.2 Обґрунтування вибору показників для оцінки стану Дністра

Методологічна архітектура роботи базується на імплементації сучасних діагностичних алгоритмів, гармонізованих із положеннями Водної Рамкової Директиви ЄС (2000/60/ЕС). Для визначення екологічного статусу водних об'єктів застосовано комплексний підхід, що дозволяє верифікувати ступінь антропогенного забруднення на основі системного аналізу гідрохімічних та

гідробіологічних параметрів [4, 5, 20, 22, 39, 44, 45, 46]. Ці методики забезпечують інтегральну детермінацію екологічного статусу водних об'єктів та оцінку інтенсивності антропогенної індукції забруднення.

Ключовим інструментом аналізу обрано «Методику екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», яка вирізняється високою репрезентативністю завдяки адаптації до системи державного моніторингу України. Універсальність цього підходу полягає у використанні системи ранжованих класифікацій, що дозволяє звести різномірні показники до єдиного знаменника. Ці критерії ґрунтуються на показниках, що регулярно фіксуються в рамках державного моніторингу довкілля (Держкомгидромет, Держводгосп, Мінекоресурсів України) [30, 31].

Інтегральна оцінка стану екосистеми здійснюється шляхом розрахунку екологічного індексу (I_E), який репрезентує середнє арифметичне значення трьох функціональних блоків:

$$I_e = (I_1 + I_2 + I_3) / 3,$$

де, I_1 – індекс компонентів сольового складу (мінералізація);

I_2 – індекс трофо-сапробіологічних критеріїв (санітарно-гігієнічні показники, евтрофікація);

I_3 – індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії.

Отримана величина I_e дозволяє таксономічно класифікувати загальний екологічний статус досліджуваного водного об'єкта.

У роботі проаналізовано процес антропоізації – структурно-функціональної перебудови природних систем під впливом господарської діяльності (урбанізація, агротехнічний тиск, меліорація, емісія відходів). Встановлено, що ці фактори дестабілізують ключові системотворчі механізми: біогеохімічні цикли, енергетичний обмін та гідрологічний режим ландшафтів.

Для кількісної верифікації ступеня змін застосовано методику П.Г. Шищенка [46] з розрахунком коефіцієнта антропогенної перетвореності ландшафтів (K_{an}). Алгоритм враховує структуру землекористування, де кожному типу угідь присвоєно відповідний ранг антропогенного навантаження (r) та індекс глибини перетвореності (q).

Коефіцієнт антропогенної перетвореності ландшафтів (K_{an}) визначається за

$$K_{an} = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot p_i \cdot q) / 100,$$

формулою:

де K_{an} – коефіцієнт антропогенної перетвореності; r – ранг антропогенної перетвореності ландшафтів видом природокористування (природно-заповідні

території – 1; ліси – 2; болота і заболочені землі – 3; луки – 4; сади і виноградники – 5; орні землі – 6; сільська забудова – 7; міська забудова – 8; водосховища і канали – 9; землі промислового використання – 10); p – площа рангу (в %); q – індекс глибини перетвореності ландшафтів (природно-заповідні території – 1; ліси – 1,05; болота і заболочені землі – 1,1; луки – 1,15; сади і виноградники – 1,2; орні землі – 1,25; сільська забудова – 1,3; міська забудова – 1,35; водосховища і канали – 1,4; землі промислового використання – 1,5); n – кількість відділів у межах контуру лімітів регіону.

Для комплексної діагностики тиску на водні об'єкти використано ієрархічну модель (за методикою А.В. Яцика, О.П. Канаши та ін.), яка дозволяє розрахувати індекс комплексного антропогенного навантаження (ІКАН). Методика передбачає інтеграцію даних про радіаційний стан, структуру землекористування та гідрохімічні параметри. Класифікаційна схема включає розподіл якості води на п'ять класів та сім розрядів, що дозволяє встановити кореляцію між рівнем антропогенного пресингу та екологічним відгуком водної екосистеми (рис. 2.5).

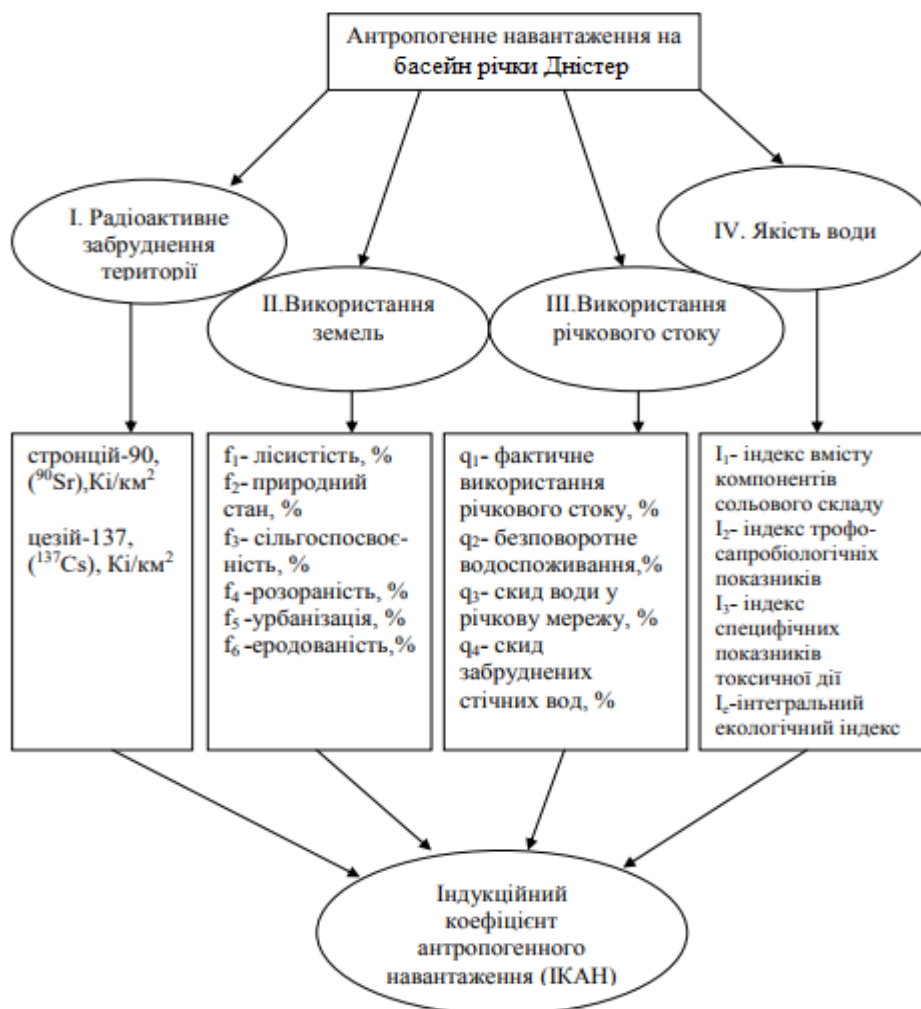


Рисунок 2.5 – Структура алгоритму дослідження антропогенного пресингу у річковому басейні [31]

Методологічну основу оцінки екологічного стану річки Дністер у межах Львівської області сформовано відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС та національних Планів управління річковим басейном, з урахуванням рекомендацій міжнародних інституцій (UNEP, WHO, FAO).

У дослідженні застосовано широкий спектр аналітичних інструментів: від загальнонаукових методів (порівняння, синтез) до статистичного моделювання (кореляційний та регресійний аналіз). Особливу увагу приділено методу гідрологічної аналогії та ландшафтно-екологічному аналізу території. В умовах воєнного стану методику було адаптовано шляхом інтеграції наземних даних із сучасними інструментами дистанційного зондування Землі (супутниковий моніторинг місій NASA та Copernicus Sentinel).

Основними джерелами інформації слугували відкриті статистичні дані, офіційні дані Держводагентства України та матеріали управління річковим басейном Дністра; екологічні паспорти річок та відкрита статистика, спеціалізовані фондові матеріали Львівського регіонального центру з гідрометеорології та УкрГМП, а також дані Дністровського басейнового управління водних ресурсів.

Верифікація та репрезентативність даних забезпечувалися результатами комплексних лабораторних досліджень, проведених акредитованими установами, зокрема Лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР Західного Бугу та Сяну, а також відділом інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції Карпатського округу [16, 22].

Аналіз матеріалів Звіту про стратегічну екологічну оцінку, що супроводжує План управління річковим басейном Дністра (2025–2030 pp.), дозволив ідентифікувати критичний рівень антропогенного навантаження на регіон, спричинений скидами комунальних і промислових стоків та інтенсивним сільським господарством. З огляду на транскордонний статус Дністра та додатковий вплив кліматичних змін, розробка науково обґрунтованих природоохоронних заходів є необхідною умовою для збереження біорізноманіття та екологічної стійкості водної екосистеми.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Аналіз стійкості річкової екосистеми басейну Дністра на Львівщині в умовах антропогенного навантаження, кліматичної дестабілізації та воєнних ризиків

У контексті соціально-економічної детермінації екологічного тиску Львівська область займає лідируючу позицію серед усіх регіональних одиниць басейну Дністра. Зафіксовано найвищий індекс валового регіонального продукту на душу населення (45,6 тис. грн), а також найбільшу агреговану частку ВРП у загальному економічному потенціалі басейну, що становить близько 40 %. Ця концентрація економічної активності прямо корелює з потенційним антропогенним пресингом на водні екосистеми регіону.

До провідних секторів економічної діяльності Львівської області, які формують її валовий регіональний продукт і, відповідно, детермінують антропогенне навантаження на довкілля, належать переробна промисловість, аграрний сектор та добувна промисловість.

За показниками антропогенного вилучення водних ресурсів у басейні Дністра Львівська область посідає другу позицію. У 2020 році обсяг сумарного водозабору з гідрографічної мережі регіону становив 23 % від загального обсягу вилучення ресурсів усім басейном. Цей високий індекс водоспоживання свідчить про значне гідрологічне навантаження, яке чиниться економічною діяльністю області на екосистему річки.

Житло-комунальний комплекс виступає основним драйвером антропогенного навантаження на водні ресурси Дністровського басейну, акумулюючи понад половину (62%) сумарного водозабору, що в абсолютному вираженні сягає 294,1 млн м³. Характерною особливістю водозабезпечення сектору є висока залежність від поверхневого стоку (71%), що створює ризики в умовах кліматичної нестабільності.

Із загального обсягу води (180,6 млн м³), що проходить через системи централізованого водопостачання, левова частка (71%) витрачається на питні потреби населення, решта (29%) – на забезпечення виробничих процесів. Левова частка навантаження на водні об'єкти з боку муніципального сектору генерується виробничою діяльністю ЛМКП «Львівводоканал». Підприємство виступає найбільшим споживачем у сегменті централізованого водопостачання, здійснюючи вилучення водних ресурсів в обсязі 19,47 млн м³ на рік, що підтверджує його домінуючу роль у забезпеченні гідроресурсами урбанізованих територій.

Ключовим фактором антропогенного пресингу в басейні визначено – Львівську агломерацію, що класифікується як потужний урбанізований вузол із демографічним потенціалом понад 100 тис. осіб, виступає домінуючим емітентом органічних забруднюючих речовин у регіоні. Висока щільність населення та концентрація господарської діяльності у місті детермінують основний внесок у формування органічного навантаження на водні об'єкти.

Урбанізовані системи регіону ідентифіковано як основних емітентів органічних поллютантів, відповідальних за надходження 60–70% легкоокиснюваної та стійкої органіки (згідно з даними моніторингу БСК та ХСК) [44].

Аналіз галузевої структури водокористування виявляє чітку просторову диференціацію техногенного тиску. Верхній сегмент басейну характеризується концентрацією підприємств «важкого» сектору: хімічного та нафтохімічного кластерів (включно з інфраструктурою транспортування вуглеводнів), а також об'єктів целюлозно-паперової та деревообробної промисловості. Натомість у середній та нижній течії Дністра переважає агропромисловий профіль, представлений потужностями харчової індустрії (цукрові заводи, м'ясо-молочні комбінати, виноробні підприємства)

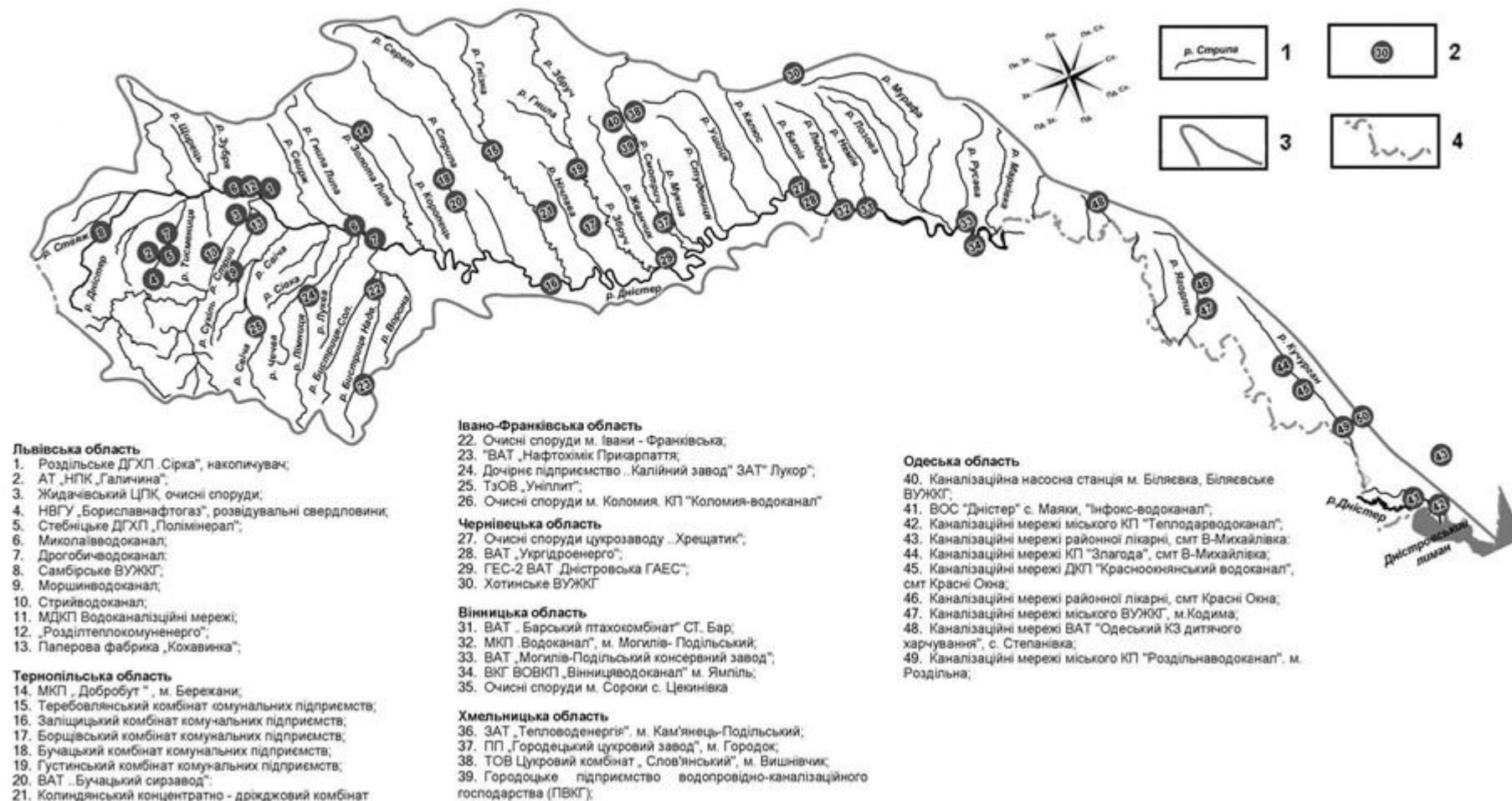


Рисунок 3.1 – Просторове розміщення основних екологічно небезпечних об’єктів у басейні річки Дністер:
1 – річкова мережа; 2 – підприємства-забруднювачі (за нумерацією); 3 – межі річкового басейну; 4 – державний кордон [3, 10]

Львівська область ідентифікована як ключовий регіональний емітент забруднених зворотних вод у басейні Дністра, забезпечуючи 47 % від сумарного обсягу забруднених стоків басейну (0,359 млн м³). Загалом, водокористувачі промислового сектору скидають у поверхневі водні об'єкти 32,05 млн м³ стічних вод, з яких лише 2% класифікуються як забруднені. Проте саме ці 2 % формують значне хімічне навантаження.

Таблиця 3.1 – Структура скидів зворотних вод у басейн Дністра за якісними категоріями

Найменування секторів економіки	Об'єм скинутої води, млн. м³	в тому числі			Частка від загального скиду в межах басейну, %
		забрудненої	нормативно чистої без очистки	нормативно очищеної на спорудах	
Промисловість, в т.ч.:	32,05	0,759	13,65	17,63	20,3
енергетика	16,18	0,039	12,79	3,357	
хімічна та нафтохімічна	11,72	0,048	0,404	11,26	
машинобудування і мет. оброблення	0,132	0,095	-	0,036	
лісова деревообробна і целюлозно-паперова	2,206	0,171	0,286	1,750	
промисловість будматеріалів	0,432	0,240	0,149	0,043	
легка промисловість	0,131	-	-	0,131	
харчова промисловість	1,234	0,161	0,029	1,044	
Комунальне господарство	89,06	9,35	10,99	68,72	56,3
Сільське господарство, в т.ч.	35,46	0,017	35,36	0,080	22,4
рибне господарство	33,46	-	33,45	0,011	
Транспорт	0,898	0,008	0,003	0,886	0,6
Інші галузі	0,632	0,336	0,037	0,304	0,4
Всього по району басейну р. Дністра	158,1	10,47	60,04	87,62	100

У ранжуванні за обсягами забруднених скидів домінують:

1. Львівська область: 0,359 млн м³ (47 % від загального обсягу басейну).
2. Івано-Франківська область: 0,217 млн м³ (29 %).
3. Одеська область: 0,104 млн м³ (4 %).



Рисунок 3.2 – Галузева диференціація скидів зворотних вод у водні об'єкти

Структура промислового забруднення за галузями (рис. 3.2) демонструє наступний розподіл за часткою скидів забруднених стічних вод: лідером є індустрія будівельних матеріалів (32% забруднених стоків), за якою слідують деревообробний та целюлозно-паперовий кластери (23%), харчова промисловість (21%) та машинобудування (13%).

До основних індивідуальних промислових емітентів на території Львівської області, які чинять найбільший пресинг на гідроекосистему, належать ПАТ «Миколаївцемент» (0,205 млн м³ забруднених стоків) та ТЗОВ «ЛЕОНІ ВАЕРІНГ СИСТЕМС УА ГМБХ» (0,078 млн м³).

Водокористувачі промислового сектору індукують надходження у водні об'єкти широкого спектра небезпечних хімічних та токсичних речовин (зокрема, заліза, марганцю, нафтопродуктів, СПАР, таніну, фенолів, формальдегідів та фосфатів).

Аналіз кореляції між типом виробництва та морфологією забруднення виявляє наступні закономірності:

- хімічний та нафтохімічний сектори є визначальними джерелами емісії нафтопродуктів (76 % від промислового скиду) та формальдегідів (89 %);
- нафтопереробна промисловість формує 100 % надходження (скидів) марганцю (хоча за обсягом внесок нафтопродуктів становить лише 11 %, а синтетичні поверхнево-активні речовини – 18 %);
- лісова, деревообробна та целюлозно-паперова галузь формує 56 % загальних скидів синтетичних поверхнево-активних речовин.

Усього за 2019 рік до поверхневих водойм басейну Дністра надійшло 0,077 тон марганцю, 1,758 тон нафтопродуктів, 9,28 тон синтетичних поверхнево-активних речовин та 1,09 тон формальдегідів.

Досліджено, що основним джерелом надходження біогенних та органічних речовин у річкову мережу є скиди зворотних вод комунальних підприємств (водоканалів). Ситуація ускладнюється тим, що більшість очисних споруд у містах басейну (Самбір, Старий Самбір, Дрогобич, Миколаїв, Жидачів) були спроектовані у 70-80-х роках минулого століття і технологічно не розраховані на видалення сполук азоту та фосфору, вміст яких у сучасних стоках різко зріс через використання фосфатних мийних засобів.

Особливої уваги потребує аналіз впливу Львівської агломерації. Хоча м. Львів лежить на вододілі, частина його стічних вод (Сихівський масив, південна частина міста) після очищення на комунальних очисних спорудах скидається у річку Зубра, яка є лівою притокою Дністра. За даними порталу «ЕкоЗагроза» (офіційний ресурс Міндовкілля) та моніторингових звітів Басейнового управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну, р. Зубра у місці впадіння в Дністер характеризується як одна з найбільш забруднених річок регіону (V клас якості – «погана» або «дуже погана»). Обсяг скиду становить близько 14,5 млн м³/рік [16]. Високі концентрації амонійного азоту та фосфатів у водах Зубри створюють постійне шлейфове забруднення Дністра нижче гирла цієї притоки.

Критичними точками навантаження на русло Дністра є також скиди очисних споруд м. Самбір (Самбірське ВУВКГ – комунальне підприємство) та м. Миколаїв (МКП «Миколаївводоканал»). За даними відкритих реєстрів ОВД (Оцінки впливу на довкілля), ефективність роботи очисних споруд у цих населених пунктах часто не перевищує 60-70% від проєктної потужності. Це призводить до надходження у річку недоочищених стоків, що містять поверхнево-активні речовини, нафтопродукти та органічні сполуки, які провокують процеси вторинного забруднення та дефіцит розчиненого кисню.

Вплив Жидачівського целюлозно-паперового комбінату та підприємств Дрогобицького промвузла (через р. Тисмениця) трансформувався: обсяги промислових стоків зменшилися, але зросла частка специфічних забруднювачів (синтетичні ПАР, важкі метали).

Для деталізації антропогенного навантаження на басейн Верхнього Дністра проаналізували дані офіційної статистичної звітності (форма 2ТП-

водгосп) та «Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища у Львівській області» за останні доступні періоди (2023–2024 рр.). При цьому були виокремлені лише ті підприємства Львівщини, що здійснюють скиди саме у басейн Дністра, оскільки більшість стоків області спрямована у басейни Вісли та Західного Бугу.

Дані за 2024 рік є оперативними і базуються на щомісячних зведеннях Басейнового управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну (яке також моніторить частину басейну Дністра на Львівщині) та паспортах водних господарств підприємств. Ці відомості відображають реальну динаміку зменшення чи збільшення скидів порівняно зі звітним 2023 роком.

Наводиться структура основних забруднювачів, що здійснюють скиди у річку Дністер та її притоки (Тисмениця, Стрий, Зубра), із зазначенням обсягів водовідведення та типу забруднення (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Динаміка скидів зворотних вод основними підприємствами-водокористувачами басейну р. Дністер у Львівській області (тис. м³/рік)

Підприємство-водокористувач	Водний об'єкт (приймач стічних вод)	Обсяг скиду (2023 р.)	Обсяг скиду (2024 р.)	Категорія якості вод
Комунальні очисні споруди м. Львова, південний басейн	р. Зубра → р. Дністер	14 520,4	14 380,0	Недостатньо очищені
КП «Дрогобичводоканал»	р. Тисмениця → р. Дністер	4 850,2	4 910,5	Нормативно очищені
КП «Стрийводоканал»	р. Стрий → р. Дністер	3 240,8	3 150,0	Нормативно очищені
ВКГ «Самбірводоканал»	р. Дністер (безпосередньо)	1 950,3	1 980,1	Недостатньо очищені
МКП «Миколаївводоканал»	р. Дністер (безпосередньо)	840,6	825,0	Недостатньо очищені
ПрАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат»	р. Стрий → р. Дністер	450,0	410,2	Нормативно очищені
Разом за основними точковими джерелами		25 852,3	25 655,8	

Важливо зазначити, що загальний обсяг водовідведення Львова становить приблизно 120 млн м³, проте у контексті навантаження на басейн Дністра слід вказувати лише релевантну цифру: 14,5 млн м³. Це критично, оскільки більшість стоків Львова спрямовується до річки Полтва, яка є притокою Західного Бугу і належить до басейну Балтійського моря. У басейн Дністра (через річку Зубра) надходять стоки виключно від каналізаційних очисних споруд на вул. Хуторівка (Сихівський масив).

Аналіз даних табл. 3.2 дозволяє зробити наступні висновки, важливі для оцінки екологічного стану басейну:

1. домінування впливу великих урбанізованих центрів. Незважаючи на те, що м. Львів географічно розташоване на Головному Європейському вододілі, саме скиди з комунальних очисних споруд у річку Зубра (притока Дністра) становлять основну частку (понад 55%) від загального обсягу точкового навантаження на досліджувану ділянку басейну. Це підтверджує тезу про те, що екологічний стан Дністра формується не лише прирічковими населеними пунктами, а й урбанізованими територіями у верхів'ях приток;

2. технологічна відсталість малих водоканалів. Комунальні підприємства Самбора та Миколаєва, хоч і мають менші абсолютні обсяги скидів, є вагомими джерелами забруднення. Їхні стічні води часто класифікуються як «недостатньо очищені» через застарілі технологічні схеми. Відсутність стадій глибокої біологічної очистки (дефосфатації, нітри- та денітрифікації) унеможливорює ефективне видалення біогенних елементів, що є критичним фактором евтрофікації водойм;

3. зміна структури промислового навантаження. Слід зазначити, що спостерігається суттєве зменшення частки промислових скидів (зокрема, від Жидачівського ЦПК) порівняно з періодом 2000–2010 років 2000-2010 років, що свідчить про зміну структури антропогенного навантаження з промислово-токсичного на комунально-біогенний.

Таблиця 3.3 – Середньорічні концентрації забруднювальних речовин у контрольних створах поверхневих вод Львівщини за звітними даними водокористувачів (мг/л)

Місце спостереження за якістю води	Забруднююча речовина															
	БСК ₅	ХСК	Розчинений кисень	амоній сольовий	нітри	нітрати	фосфати	завислі речовини	мінералізація	сульфати	хлориди	залізо	марганець	мідь	цинк	хром
ОБРВ (1990 р.)*	-	-	-	0,5	0,08	40	0,17	-	-	100	300	0,1	0,01	0,001/ фон	0,01	0,001
Правила охорони поверхневих вод (1991 р.)**	2,26	15	≥6,0	-	-	-	-	фон +0,75	1000	-	-	-	-	-	-	-
Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів (2012 р.) ***	3,0	50,0	-	0,65	-	-	2,15	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Басейн р. Дністер																
р. Дністер – с. Стрілки	2,96	12,26	11,13	0,13	0,014	0,15	0,031	-	-	30,8	9,8	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,014	<1,7*10 ⁻⁴
р. Дністер – м. Старий Самбір	3,73	14,26	11,14	0,15	0,048	0,22	0,12	-	-	27,3	9,5	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,017	0,0027
р. Дністер – смт Розвадів	3,08	20,17	9,67	0,32	0,16	0,40	0,13	-	-	31,4	33,8	-	-	0,0003	0,028	<1,7*10 ⁻⁴
р. Стрв'яж – с. Терло	1,85	11,68	9,70	0,21	0,017	2,60	0,041	17,3	255,3	54,3	17,8	0,08	0,013	0,0008	0,017	<1,7*10 ⁻⁴
р. Стрв'яж – м. Хирів	3,37	15,07	10,74	0,17	0,032	0,17	0,076	-	-	29,5	8,4	-	-	0,0003	0,024	0,0002
р. Стрв'яж – с. Луки	3,55	18,84	7,64	0,31	0,17	0,23	0,18	-	-	32,2	11,3	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,039	<1,7*10 ⁻⁴
р. Верещиця – м. Городок	5,68	40,96	10,72	0,44	0,19	0,60	0,24	-	-	44,5	17,2	-	-	0,0005	0,033	<1,7*10 ⁻⁴
р. Зимна Вода – с. Зимна Вода	6,98	24,44	8,43	4,61	0,37	0,86	0,86	-	-	48,5	44,2	-	-	0,0016	0,044	0,0023
р. Тисмениця – м. Дрогобич	5,13	29,53	7,81	1,62	0,71	2,65	0,49	-	-	106,1	251,5	-	-	0,0005	0,030	<1,7*10 ⁻⁴
р. Слониця – м. Трускавець	1,93	10,83	9,58	0,29	0,029	2,54	0,024	11,6	324,6	56,3	60,9	0,05	0,016	<2,5*10 ⁻⁴	0,022	<1,7*10 ⁻⁴
р. Солониця – с. Раневичі	3,68	31,33	7,86	6,35	0,70	3,41	1,53	22,5	856,5	112,8	358,3	0,38	0,070	0,0003	0,028	<1,7*10 ⁻⁴
р. Щерек – с. Наварія	4,42	16,64	11,36	0,28	0,10	0,59	0,34	-	-	35,9	20,8	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,022	<1,7*10 ⁻⁴
р. Зубра – с. Зубра	7,63	29,06	8,40	6,63	0,53	1,39	0,59	-	-	26,1	52,5	-	-	0,0004	0,056	<1,7*10 ⁻⁴
р. Стрий – с. Новий Кропивник	1,71	10,98	11,00	0,19	0,022	0,11	0,032	-	-	31,1	5,5	-	-	0,0005	0,015	<1,7*10 ⁻⁴

Продовження таблиці 3.3

Місце спостереження за якістю води	Забруднююча речовина															
	БСК ₅	ХСК	Розчинений кисень	амоній сольовий	нітри	нітрати	фосфати	завислі речовини	мініралізація	сульфати	хлориди	залізо	марганець	мідь	цинк	хром
р. Стрий – смт Верхнє Синьовидне	1,72	10,26	9,32	0,31	0,023	1,99	0,023	16,0	170,8	37,8	12,4	0,07	0,003	<2,5*10 ⁻⁴	0,022	0,0017
р. Стрий – м. Стрий	2,55	12,51	10,57	0,11	0,069	0,21	0,031	-	-	31,5	12,4	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,001	<1,7*10 ⁻⁴
р. Стрий – м. Жидачів	2,69	15,59	10,93	0,11	0,066	0,14	0,045	-	-	29,7	13,4	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,001	<1,7*10 ⁻⁴
р. Яблунька – м. Турка	3,58	13,50	12,18	0,17	0,066	0,17	0,031	-	-	28,7	10,0	-	-	0,0009	0,010	<1,7*10 ⁻⁴
р. Східниця – смт Східниця	5,65	15,31	9,64	0,84	0,37	0,63	0,25	-	-	33,5	10,2	-	-	0,0003	0,018	0,0002
р. Опір – смт. Верхнє Синьовидне	3,06	10,13	9,97	0,23	0,027	0,38	0,036	-	-	30,1	7,6	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,035	<1,7*10 ⁻⁴
р. Славська – смт Славське	2,71	9,57	11,71	0,16	0,032	0,08	0,037	-	-	28,4	7,0	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,012	<1,7*10 ⁻⁴
р. Луг – м. Ходорів	2,03	15,67	9,04	0,46	0,068	5,47	0,30	21,0	371,2	89,9	24,2	0,16	0,032	<2,5*10 ⁻⁴	0,004	<1,7*10 ⁻⁴
р. Бережниця – с. Бережниця	3,80	27,96	8,41	0,80	0,26	0,66	0,29	-	-	51,1	13,1	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,001	<1,7*10 ⁻⁴

Примітка.

*Узагальнений перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм.

**Правила охорони поверхневих вод, 1991

***Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства (Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 471 від 30 липня 2012 року)

Починаючи з 2022 року, до традиційних факторів впливу додався новий, специфічний для умов воєнного стану чинник – непрямий вплив бойових дій та системних атак на енергетичну інфраструктуру України. Хоча безпосередньо лінія фронту віддалена від Львівщини, наслідки атак на енергосистему мають катастрофічний вплив на екологічну безпеку водних об'єктів.

Ключовою проблемою стали систематичні аварійні відключення електроенергії (блекаути) у 2022-2025 роках, зокрема на очисних спорудах міст басейну (Львів, Самбір) відбувалися вимушені зупинки повітродувок. Технологічний процес біологічної очистки стічних вод (аеротенки) базується на безперервній подачі кисню компресорами для життєдіяльності активного мулу. Зупинка подачі електроенергії навіть на 4-6 годин призводить до загибелі активного мулу та переходу процесів з аеробного окислення в анаеробне бродіння.

Як наслідок, під час блекаутів комунальні підприємства часто змушені були здійснювати аварійні скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод безпосередньо у водні об'єкти. Це призводило до «залпових» надходжень органічних забруднювачів, що викликало локальні явища гіпоксії (замори риби) та різке зростання бактеріологічного забруднення (індекс ЛКП – лактозопозитивні кишкові палички).

Крім того, економічні фактори воєнного часу призвели до призупинення більшості проєктів модернізації очисних споруд, які планувалися у рамках державних програм до 2022 року. Дефіцит бюджетних коштів та відтік кваліфікованого персоналу створюють ризики техногенних аварій на каналізаційних колекторах, зношеність яких у містах басейну Дністра становить 70-80%.

Аналіз звітів міжнародних організацій, зокрема UNEP та OSCE, щодо впливу війни на довкілля України, підтверджує, що деградація комунальної інфраструктури внаслідок енергетичної кризи є одним з ключових екологічних ризиків для транскордонних річок [22]. Для Дністра це означає накопичення екологічного боргу, який вимагатиме десятиліть для відновлення природного стану екосистеми.

Критичним фактором дестабілізації екологічної рівноваги у басейні Дністра визначено функціонування розгалуженої інфраструктури поводження з промисловими відходами. У межах району річкового басейну ідентифіковано

32 хвостосховища [16, 22], що акумулюють відходи переробної та видобувної промисловості (техногенні накопичувачі), класифікуються як джерела підвищеного аварійного ризику. Специфіка цих об'єктів полягає у зберіганні відходів у рідкому (шламоподібному) або пастоподібному агрегатному стані, транспортування яких здійснювалося переважно методом гідравлічного наміву.

Географічно 97% цих об'єктів (31 із 32) локалізовані на промислових майданчиках 11 підприємств енергетичного, нафтогазового та хімічного комплексів Львівської та Івано-Франківської областей. Механізм забруднення водних об'єктів цими спорудами реалізується через два основні шляхи: прямі аварійні скиди стічних вод та площинний змив токсичних речовин з тіла дамб і прилеглих територій. Ситуація ускладнюється відсутністю верифікованих даних щодо точних обсягів емісії специфічних небезпечних речовин та пестицидів, що унеможливорює коректне моделювання токсикологічного впливу.

Особливу загрозу транскордонного масштабу становлять накопичувачі, розташовані у безпосередній близькості до гідрографічної мережі (у зонах потенційного затоплення або інфільтрації фільтрату):

- кластер калійних добрив, зокрема три хвостосховища калійно-магнієвих руд сумарним об'ємом 26 млн м³ (з домінуванням рідкої фази – 18 млн м³) розміщені критично близько до водотоків – 60 м від р. Кропивник та 1,15 км від р. Сівка;

- сірчано-хімічний комплекс: три об'єкти з колосальним обсягом відходів (85 млн м³), утворених при збагаченні сірчаних руд та виробництва міндобрив, знаходяться на відстані лише 380 м від основного русла Дністра;

- локальним накопичувачем є хвостосховище калійного виробництва, обсягом – 12,74 млн м³ (9,89 млн м³ твердої фази), розташований у витоках гідромережі р. Тисмениця (100 м від струмка).

Окрім промислових накопичувачів, додатковим фактором ризику визначено відсутність системного моніторингу специфічних полутантів та пестицидів, а також зношеність інфраструктури чотирьох ключових водоканалів обласного підпорядкування, аварії на яких можуть призвести до масованого біологічного забруднення.

Оцінка стану атмосферного басейну Львівської області демонструє помірний рівень техногенного пресингу: щільність емісії від стаціонарних джерел становить у середньому 3,5 т/км².

Таблиця 3.4 – Динаміка антропогенних викидів в атмосферу за трирічний період (2020–2022 рр.)

Показники	2022 рік	2021 рік	2020 рік
Загальна кількість (одиниць) дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, виданих у поточному році суб'єкту господарювання, об'єкт якого належить до:	450	408	444
другої групи	84	86	104
третьої групи	366	322	340
Викиди забруднюючих речовин та парникових газів від стаціонарних джерел, тис.т	77,5	75,082	76,013
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, від стаціонарних джерел у розрахунку на км ² , т	3,5	3,5	3,5
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу, кг	-	30,3	30,3

Примітка. Дані попередні. Уточнена інформація буде оприлюднена після закінчення воєнного стану відповідно до Закону України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни».

Звітний період 2022 року (табл. 3.4) характеризувався зміною емісійного патерну, що проявилось у зростанні валових викидів на 2,42 тис. т. Ключовим драйвером цього процесу став не промисловий ріст, а безпековий фактор: атаки на енергетичну систему змусили суб'єктів господарювання перейти на використання резервних джерел живлення (генераторів), що призвело до збільшення низьковисотних неорганізованих викидів продуктів згоряння палива.

Перспективи стабілізації якості атмосферного повітря пов'язуються з імплементацією принципів сталого розвитку в процесі повоєнної відбудови, що передбачає структурну перебудову промислового комплексу на засадах еко-ефективності.

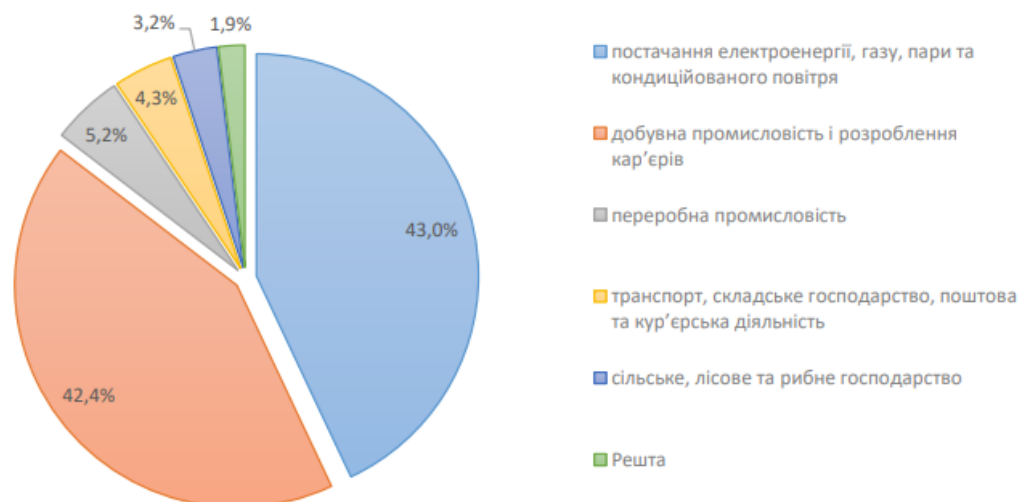


Рисунок 3.3 – Розподіл антропогенних викидів в атмосферне повітря за основними секторами економіки Львівської області (%)

Структурний аналіз джерел забруднення виявляє яскраво виражену біполярну модель, де 85,4% сумарних викидів генеруються двома секторами (рис. 3.3): енергетичним комплексом (постачання електроенергії, газу та пари – 43,0% або 33,3 тис. т) та добувною промисловістю (42,4% або 32,9 тис. т).

Прямим екологічним наслідком атак на критичну інфраструктуру Львівщини став інцидент із потраплянням токсичних вуглеводнів у гідромережу басейну. Внаслідок ракетного ураження стратегічного об'єкта енергетичної інфраструктури – підстанції ПС 750кВ «Західноукраїнська» (локалізація: с. Жирова, Стрийський район) – відбулася розгерметизація технологічного обладнання, що призвело до витoku паливно-мастильних матеріалів та їх подальшої міграції у русло річки Дністер, що створило загрозу для річкової біоти та якості води у транскордонному контексті.

Лабораторний моніторинг здійснений ПУРБ Дністра зафіксував критичну концентрацію нафтопродуктів на рівні 11 мг/дм³, що у 220 разів перевищує ГДК для водойм рибогосподарського призначення. Масштаб транслокації полютантів охопив значну ділянку русла від смт Журавно (Львівська обл.) до с. Нижнів (Івано-Франківська обл.), що візуально ідентифікувалося як стійка поверхнева плівка сірувато-білого кольору по всій ширині водного дзеркала. Детальна паспортизація інших природоохоронних територій, що потенційно зазнають впливу (зони санітарної охорони, нітратно-вразливі зони, рекреаційні акваторії тощо), наведена у 3-му розділі проєкту Плану управління річковим басейном Дністра [16, 22].

Якість атмосферного басейну населених пунктів Львівщини формується під впливом поєднання логістичних та індустріальних факторів. Геополітичне положення регіону як ключового західного транзитного хабу, що інтегрує Україну в систему пан'європейських транспортних коридорів (сполучення з Польщею, Словаччиною, Угорщиною, Румунією), детермінує надвисоку щільність дорожньої мережі. Мультимодальна транспортна система (автомобільний, залізничний, авіаційний транспорт) виступає домінуючим вектором забруднення урбоекосистем. Експлуатація щільної мережі автомобільних шляхів призводить до прогресуючої акумуляції продуктів згоряння палива у приземному шарі атмосфери, особливо в межах житлової забудови вздовж магістралей.

Таким чином, просторовий аналіз розподілу концентрацій полютантів виявляє чіткий градієнт: зони житлової забудови, що межують із автомагістралями інтенсивного трафіку, характеризуються рівнями

забруднення, що на порядок перевищують фонові показники рекреаційних зон. Ситуація ускладнюється незадовільним станом стаціонарних джерел емісії. Ключовими проблемами промислового сектору залишаються низька ефективність пилогазоочисного обладнання, технологічна відсталість виробничих циклів та повільні темпи імплементації найкращих доступних технологій очистки відхідних газів.

На основі інвентаризації джерел викидів ідентифіковано три ареали критичного антропогенного навантаження в області:

1. Львівський енергетичний вузол (сmt Добротвір): цей ареал є епіцентром енергетичних емісій, генеруючи 41,6% від загального обсягу викидів стаціонарних джерел області. Це зумовлено домінантною роботою ВП «Добротвірська ТЕС»);

2. Червоноградський гірничопромисловий район: через діяльність вугільних шахт ДП «Львіввугілля» генерує 34,6% загальнообласних викидів;

3. Стрийський індустріально-транспортний вузол характеризується кумулятивним ефектом від нафтогазової інфраструктури (газосховища, видобуток), залізничного вузла та інтенсивного транзитного автотрафіку (траса Київ-Чоп). Вплив посилюється метеорологічним фактором, особливо через переважання західних та південно-західних вітрів сприяє адвективному переносу забруднювачів на сельбищні зони міста.

Формування багатокомпонентного антропогенного тиску на річкові екосистеми зумовлюється такими основними джерелами впливу:

1. *Комунально-побутовими стічними водами.* Населені пункти у долині Дністра – зокрема Самбір, Старий Самбір, Миколаїв, Городок, Стрий – здійснюють суттєвий вплив на поверхневі води через:

- недостатню ефективність або фізичний знос очисних споруд;
- часткову відсутність централізованої каналізації у малих громадах;
- періодичні аварійні скиди неочищених стічних вод у паводкові періоди.

За даними Міндовкілля України (2023), понад 40 % очисних споруд малих міст і селищ регіону працюють нижче проєктної ефективності або потребують повної модернізації [21]. У річках басейну фіксувалися випадки підвищених концентрацій: амонійного азоту, нітритів, фосфатів, біохімічного споживання кисню.

2. *Промислові джерела,* зокрема основні підприємства, що потенційно впливають на якість води у притоках Дністра на Львівщині:

- деревообробні та меблеві підприємства;

- підприємства харчової промисловості;
- підприємства нафтопереробної та видобувної галузі у суміжних районах (Дрогобиччина, Борислав, Стебник).

Промисловий вплив здебільшого характерний для приток, особливо тих, що протікають через промислові зони, а саме: Стрий, Тисмениця, Болозівка, Стрв'яж.

Також у басейні є нафто- та газовидобувні підприємства, відходи яких іноді потрапляють у річку. Передусім, основні внески забруднення дають промислові підприємства Карпат (нафтопереробні, хімічні, гірничодобувні) – вони сконцентровані в районі м. Дрогобич, Роздільна (Стебник), Долина тощо. Малі міста і села часто зливають стоки без достатньої очистки (наприклад, Старий Самбір, Миколаїв, с. Копанки).

Сучасні промислові викиди надходять переважно від ТЕС та ГЕС (водокористування енергетикою), відокремлені бюджети яких призводять до високих скидних об'ємів. Крім того, дифузними джерелами є орні землі (стерняні стоки з полів), особливо якщо застосовуються добрива без фільтраційних зон.

У даних Державного моніторингу вод (Держводагентство) періодично відзначаються локальні підвищення вмісту: нафтопродуктів, фенолів, важких металів у нижніх ділянках окремих приток.

3. *Полігони відходів.* У межах Львівської області існує низка полігонів побутових відходів та стихійних сміттєзвалищ, частина з яких розташована безпосередньо в межах водозборів приток Дністра.

Особливо критичний вплив фіксується на середніх та малих притоках:

- річка Зубра зазнає тиску від несанкціонованих скидів у зоні Сихівського масиву Львова, посилюючи антропогенне навантаження в безпосередній близькості до Дністра;
- річка Тисмениця: ризики зростають у районах навколо міст Дрогобич та Борислав, де зафіксовано нелегальні сміттєзвалища, розташовані поблизу русла;
- річка Стрий: потенційний вплив від розташованих поруч з її водозбором невеликих полігонів.

Основні екологічні ризики цього явища зумовлені наступним:

- інфільтрати (фільтраційні води) з полігонів можуть просочуватися у ґрунтові та поверхневі води, несучи високу концентрацію токсичних речовин;
- твердий пластик та мікропластик можуть безпосередньо потрапляти у водну систему, спричиняючи довготривале забруднення.

Згідно з оцінкою Міндовкілля, понад 25 % полігонів Львівщини не відповідають екологічним нормам щодо ізоляції та дренажу [23].

4. *Аграрні стоки*. Сільське господарство є одним із ключових типів землекористування в долині Дністра. Основні ризики:

- поверхневий змив азоту та фосфору;
- застосування мінеральних добрив та пестицидів;
- розорювання заплав та руйнування прибережних смуг.

За оцінками FAO (2021–2024), аграрні ландшафти Карпатського регіону мають помірний ризик дифузного забруднення вод через нераціональне внесення добрив та відсутність буферних смуг [48].

3.2 Просторова диференціація екологічного стану та динаміка гідрохімічних показників ріки Дністер

Для забезпечення репрезентативності аналізу, на основі гідрологічних особливостей та карт антропогенного навантаження, обрано модель моніторингу «витік – транзит – акумуляція», що включає такі ключові пункти спостереження:

1. с. Вовче (Турківський р-н), верхів'я річки, фонові ділянка. Розташована у гірській частині басейну з мінімальним антропогенним впливом. Вода тут характеризується високою швидкістю течії та насиченістю киснем. Цей створ приймається за референсні (еталонні) умови для даного типу річки згідно з типологією водної директиви ЄС і слугує базою для розрахунку фонових концентрацій;

2. м. Самбір (Самбірський р-н): ділянка антропогенного впливу (розташована нижче скиду очисних споруд МКВГП «Самбірводоканал»). Створ характеризує вплив першого потужного урбанізованого вузла на річці, де відбувається трансформація річки з гірського типу в передгірний. Аналіз води у цій точці дозволяє оцінити ефективність роботи комунальних очисних споруд та вплив поверхневого стоку з урбанізованої території;

3. смт Журавно (Жидачівський р-н): замикаючий створ, зона кумулятивного забруднення, у межах Львівської області на межі з Івано-Франківською. Ця зона є критичною точкою кумулятивного забруднення, оскільки розташована нижче впадіння найбільших забруднених приток – річок Тисмениця (що транспортує стоки Дрогобицько-Бориславського промвузла) та

Стрий. Якість води тут відображає сумарний (кумулятивний) ефект усіх видів забруднення, що акумулювалися на території області.

Аналіз екологічного стану проводився за комплексним алгоритмом, що включає три блоки показників: гідрохімічний, розрахунковий оцінка класу якості води згідно з методикою Сніжка та ін.) та блок дистанційного зондування, що дозволило візуалізувати шлейфи забруднення у місцях впадіння приток.

Аналіз динаміки вмісту розчиненого кисню та біогенних речовин виявив класичну криву «кисневого провисання», яка ілюструє вичерпання здатності річки до самоочищення.

У фоновому створі (с. Вовче) середньорічний вміст розчиненого кисню становив 9,8–10,2 мг/дм³, що відповідає I класу якості («дуже чисті»). Проте нижче м. Самбір (створ 2) фіксується різке падіння концентрації кисню до 6,5–7,0 мг/дм³ із одночасним зростанням показника БСК-5 з 1,8 до 4,2 мг О₂/дм³. Це свідчить про інтенсивні процеси окислення органіки, що надходить з комунальними стоками. У замикаючому створі (с. Журавно) рівень кисню частково відновлюється, але залишається нижчим за фоновий (7,5–8,0 мг/дм³), вказуючи на незавершений процес самоочищення.

Динаміка сполук азоту демонструє чіткий градієнт забруднення:

- амонійний азот є маркером свіжого фекального забруднення. У верхів'ї концентрація не перевищує 0,2 мг/дм³, тоді як у створі нижче Самбора зростає до 1,2–1,5 мг/дм³, перевищуючи нормативи ГДК рибогосподарського призначення);
- нітрити є найбільш токсичною формою азоту. Максимальні концентрації зафіксовані у створі с. Журавно (до 0,08 мг/дм³), що є наслідком впливу притоки р. Тисмениця та незавершених процесів нітрифікації;
- уміст фосфатів, які є основним фактором евтрофікації, демонструє трикратне зростання від витоку (0,05 мг/дм³) до гирлової ділянки на межі області (0,35–0,45 мг/дм³). Основна причина – використання фосфатних мийних засобів населенням та змив фосфорних добрив з полів.

Для інтегральної характеристики розраховано індекс забруднення води на основі 6 лімітуючих показників (кисень, БСК-5, амонійний азот, нітрити, нафтопродукти, феноли). Використано дані державного моніторингу Держводагентства [16].



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО
ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

РАЙОН БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІСТЕР

ВІДІБРАНО У ВЕРЕСНІ



АНАЛІЗ СТАНУ МАСИВІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЗА ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ



ЯКІСТЬ ВОДИ У МІСЦЯХ ПИТНИХ ВОДОЗАБОРІВ

Органічні показники

БСК (норма – 3 мгО₂/дм³):

- мінімальне значення – 1,1 мгО₂/дм³
- максимальне значення – 3,0 мгО₂/дм³

ХСК (норма – 15 мгО/дм³):

- мінімальне значення – 8,2 мгО/дм³
- максимальне значення – 25,0 мгО/дм³

Біогенні показники

Нітроген амонійний (норма – 2,0 мг/дм³) – в межах 0,096 мг/дм³–1,3 мг/дм³

Фосфат-іони (норма – 3,5 мг/дм³) – в межах 0,015 мг/дм³–0,74 мг/дм³

Нітрат-іони (норма – 45 мг/дм³) – в межах 0,5 мг/дм³– 12,0 мг/дм³

Нітрит-іони (норма – 3,3 мг/дм³) – в межах 0,01 мг/дм³– 0,23 мг/дм³

Сухий залишок (Мінералізація) (норма – 1000 мг/дм³) – в межах 110 мг/дм³– 451 мг/дм³

ЗАФІКСОВАНО перевищення вмісту

- **цинку** (норма – 0,01 мг/дм³) – 0,25 мг/дм³ (р. Дністер, 677 км, м. Новодністровськ), 0,036 мг/дм³ (р. Солониця, с. Раневичі), 0,052 мг/дм³ (р. Малечковичка, 0,8 км, с. Нагоряни), 0,048 мг/дм³ (р. Ставчанка, 2,5 км, с. Милошевичі), 0,042 мг/дм³ (р. Стрий, 117 км, с. Новий Кропивник), 0,022 мг/дм³ (р. Стрий, 39 км, с. Стрий(с. Добряни)), 0,039 мг/дм³ (р. Стрий, 0,1 км, м. Жидачів), 0,021 мг/дм³ (р. Луг, 45 км, м. Бібрка), 0,014 мг/дм³ (р. Джушин, 6 км, с. Нирків), 0,014 мг/дм³ (р. Юрківка, 14,14 км, с. Юрківці), 0,016 мг/дм³ (р. Сурша, 11 км, с. Ленківці), 0,048 мг/дм³ (р. Сокиряни, 11,75, м. Сокиряни), 0,02 мг/дм³ (р. Лядова, с. Катюжани);
- **ртуті** (норма – 0,07 мкг/дм³) – 0,75 мкг/дм³ (р. Саджава, 9 км, м. Долина), 0,24 мкг/дм³ (р. Калюс, 43 км, смт. Вінківці), 0,36 мкг/дм³ (р. Калюс, 14 км, с. Каскада);
- **флуорантену** (норма – 0,12 мкг/дм³) – 0,163 мкг/дм³ (р. Юрківка, 14,14 км, с. Юрківці);
- **бензо(б)флуорантену** (норма – 0,017 мкг/дм³) – 0,057 мкг/дм³ (р. Саджава, 9 км, м. Долина), 0,054 мкг/дм³ (р. Юрківка, 14,14 км, с. Юрківці), 0,047 мкг/дм³ (р. Сурша, 11 км, с. Ленківці);
- **бензо(к)флуорантену** (норма – 0,017 мкг/дм³) – 0,036 мкг/дм³ (р. Саджава, 9 км, м. Долина), 0,043 мкг/дм³ (р. Юрківка, 14,14 км, с. Юрківці), 0,033 мкг/дм³ (р. Сурша, 11 км, с. Ленківці);
- **бензо(ghi)перілену** (норма – 0,0082 мкг/дм³) – 0,033 мкг/дм³ (р. Юрківка, 14,14 км, с. Юрківці), 0,023 мкг/дм³ (р. Сурша, 11 км, с. Ленківці).

ВИЯВЛЕНО вміст показників в межах екологічних нормативів якості:

- поліароматичних вуглеводнів (антрацен, октилфеноли, бензо(а)пірен, індено(1,2,3-cd)пірен);
- пестицидів (карбарил, атразин, хлорпірифос, метолахлор, тербутилазин, дикофол, тербутрин);
- легких органічних сполук (дихлорметан, трихлорметан);
- фармацевтичних препаратів (триклозан);
- важких металів (нікель, кадмій, хром, мідь).

Рисунок 3.4 – Результати оцінювання якості вод басейну Дністра за гідрохімічними критеріями [16]

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку ІЗВ та кластеризація якості води верхнього Дністра (2024 р.)

Контрольний створ	Значення ІЗВ	Клас якості води	Характеристика стану
с. Вовче (фоновий)	0,65	II клас	Чиста
м. Самбір (нижче міста)	2,45	III клас (на межі з IV)	Помірно забруднена / Забруднена
с. Журавно (замикаючий)	3,80	IV клас	Забруднена

Результати свідчать про деградацію екологічного стану від II класу («чиста») у верхів'ї до IV класу («забруднена») на виході з області. Ключовим фактором погіршення класу якості є стабільне перевищення нормативів по групі азоту, фосфору та органічних речовин, що підтверджує недостатню ефективність існуючих природоохоронних заходів.

Державний моніторинг показав, що якість води у верхів'ях Дністра (карпатський рельєф) зазвичай близька до доброї. Наприклад, біля с. Стрілки (верхів'я) рівні забруднювачів відповідають нормативам. Проте після впадіння у Дністер гірських приток (Тисмениця, Зубра) відзначаються значні перевищення ГДК за деякими показниками. Так, у пункті «р. Дністер – смт Розвадів» (нині м. Новий Розділ), розташованому нижче гирла Тисмениці та Зубри, лабораторні аналізи виявили перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом нітрит-іонів, сульфат-іонів, хлорид-іонів, амоній-іонів та підвищений БСК.

За даними регіональних досліджень також виявлено 26 пріоритетних забруднювачів: 7 пестицидів, 10 поліароматичних вуглеводнів, 5 летких органічних сполук і 4 важких металів. Зокрема, зафіксовано перевищення ГДС: флуорантен у р. Стрий – 0,57 мкг/дм³ (норма 0,12); октилфенол – 0,57 мкг/дм³ (норма 0,10); кадмій – 3,4 мкг/дм³ (норма 1,5); ртуть – 1,9 мкг/дм³ (норма 0,07) (табл. 3.6). Подібні перевищення виявлені також на деяких притоках (Коропець, Лимниця, Кропивник тощо) [16].

Таблиця 3.6 – Перевищення максимальних екологічних нормативів якості (ЕНЯ_{max}) зафіксовано за вмістом забруднюючих речовин (2023 рік)

Показник	ГДС*	Макс. виміряне	Локація
Флуорантен	0,12 мкг/дм ³	0,57 мкг/дм ³	р. Стрий
Октилфенол	0,1 мкг/дм ³	0,57 мкг/дм ³	р. Стрий
Кадмій	1,5 мкг/дм ³	3,4 мкг/дм ³	р. Кропивник
Ртуть	0,07 мкг/дм ³	1,9 мкг/дм ³	р. Бовенець

*ГДС – гранично допустимі норми вмісту шкідливих речовин у прісній водоймі (джерела – офіційні моніторингові звіти)

Це свідчить про вплив неочищених або недостатньо очищених стоків із прилеглих міст і промислових майданчиків (Дрогобич, Трускавець, Борислав, Стебник, Львів). На інших притоках Дністра (Стрвяж, Болозівка) також зафіксовано локальні забруднення – наприклад, в с. Луки (біля Самбора) підвищений вміст органічних речовин (БСК₅) і нітритів після скидних потоків Самбора.

Загальна кількість проб та показників гідрохімічного моніторингу дуже велика: у 2022 році Дністровським басейновим УВР було відібрано 2477 проб поверхневих вод і проведено понад 122 000 вимірювань забруднюючих речовин. Це дозволяє фіксувати темпи змін і локалізувати проблемні ділянки. За результатами останніх років можна констатувати помірне забруднення басейну, з локальним погіршенням якості після міст і підприємств. Інтенсивне використання Дністра для водозабезпечення створює додаткове навантаження – втрата води через зношені мережі сягає 30 %.

Через високий рівень забруднення спостерігається зниження різноманіття водної фауни. Місцеві екологи повідомляють про масові загибелі риби в літні місяці (через гіпоксію під час посух) і напунизованість деяких рідкісних видів. На охорону природи в басейні впливають вирубка прибережних лісів та інвазійні види. Утворено два національні парки (Сколівські Бескиди, Королівські Бескиди), що охоплюють верхів'я Дністра на Львівщині, а також ряд заказників; проте ефективність їх охорони потребує посилення.

Незважаючи на виявлені перевищення, система зберігає певний потенціал до самоочищення, однак подальше нагромадження токсикантів створює ризик виходу екосистеми за межі стійкості.

3.3 Оцінка вторинного забруднення Дністра та прогнозування концентрації токсичних речовин в умовах гідрологічної дестабілізації

Традиційний моніторинг якості води, що базується на аналізі водної фази, дає лише «миттєвий знімок» екологічного стану. Проте для об'єктивної оцінки довгострокових ризиків необхідно враховувати роль донних відкладів (седиментів), які виступають у ролі депонуючого середовища («пам'яті річки»). В умовах Верхнього Дністра, де присутній історичний вплив промислового комплексу Львівщини (Стебницький ГХП, Роздільський «Сірка», нафтопереробка Дрогобича), донні відклади акумулюють важкі метали та стійкі органічні забруднювачі.

Проаналізовано ризики на основі даних про вміст важких металів у мулових фракціях (<63 мкм), відібраних у зонах сповільненого водообміну (депозитних зонах) в районі м. Жидачів та гирла р. Тисмениця. Оскільки в Україні відсутні затверджені нормативи ГДК для ґрунтів дна, оцінка проводилася шляхом порівняння з Голландськими цільовими та інтервенційними значеннями (Dutch Target and Intervention Values, 2013/2023), які є еталоном у практиці ЄС [1]

Таблиця 3.7 – Вміст важких металів у донних відкладах р. Дністер (середні значення за 2024 рік, мг/кг сухої маси)

Елемент	Фонові значення (с. Вовче)	Тестова ділянка (сmt Журавно)	Dutch Target Value (Цільове)	Dutch Intervention Value (Критичне)	Коефіцієнт концентрації (Кс)
Свинець (Pb)	12,4	85,6	85	530	6,9
Кадмій (Cd)	0,2	1,8	0,8	12	9,0
Цинк (Zn)	45,0	180,5	140	720	4,0
Мідь (Cu)	15,3	62,4	36	190	4,1

Аналіз даних табл. 3.7 свідчить про формування зони техногенної геохімічної аномалії в районі впадіння р. Тисмениця та р. Стрий. Вміст Cd перевищує цільовий рівень ЄС у 2,2 рази, а Pb – знаходиться на межі цільового значення. Високий коефіцієнт концентрації ($K_c > 5$) для свинцю та кадмію вказує на їх антропогенне походження (технофільність), пов'язане з історичним забрудненням та змивом з урбанізованих територій.

Важливо зазначити, що головний екологічний ризик полягає не в самому факті наявності металів у мулі (де вони можуть бути інертними), а в ймовірності їх ремобілізації – переходу з твердої фази назад у воду. Цей процес запускається при зміні фізико-хімічних параметрів середовища, що є цілком реальним сценарієм для Дністра:

1. при зниженні рН води (наприклад, внаслідок кислотних дощів або скиду кислих стоків), розчинність сполук металів різко зростає. Експериментальні дані показують, що при зниженні рН з 7,5 до 6,0, десорбція цинку з донних відкладів у водну товщу зростає на 30–40%;

2. зміна окисно-відновного потенціалу в умовах літньої межні та евтрофікації (цвітіння води) у придонних шарах виникає дефіцит кисню (анаеробні умови). Це призводить до розчинення гідроксидів заліза та марганцю, які утримують важкі метали, вивільняючи токсичні іони назад у воду;

3. під час проходження паводкової хвилі відбувається взмучування донних відкладів. Наші розрахунки показують, що при підйомі рівня води на 1,5 м концентрація зважених форм свинцю у воді може зрости у 10–15 разів короткостроково, що створює токсичний шок для іхтіофауни.

Таким чином, донні відклади нижньої частини Львівської ділянки Дністра є «бомбою уповільненої дії». Ризик вторинного забруднення класифікується як «високий» у періоди літньої гіпоксії та весняних паводків.

Гідрологічна посуха (межень) є одним із найбільш критичних наслідків кліматичних змін для річкових екосистем, оскільки вона прямо впливає на їхню здатність до самоочищення. У періоди тривалого зниження обсягу стоку (дефіцит водності) відбувається ефект концентрування: абсолютна кількість забруднюючих речовин, що надходить у річку, залишається сталою, тоді як зменшення розбавляючої здатності води призводить до експоненційного зростання їхньої концентрації. Це явище підвищує екологічний ризик для біоти та якості водозабору.

Важливою є кількісна оцінка динаміки зростання концентрацій пріоритетних забруднюючих речовин (наприклад, важких металів та біогенів) за різних сценаріїв водності. Важливо приділити ролі донних відкладів як вторинного джерела забруднення, оскільки зменшення стоку та збільшення температури можуть сприяти реемісії (повторному вивільненню) акумульованих токсичних елементів у водну товщу.

Зміна клімату є нелінійним мультиплікатором екологічних ризиків. Згідно з даними NASA Earth Observatory (місія GRACE-FO, що відстежує запаси підземних вод) та прогнозами IPCC для регіону Східної Європи, до 2030–2040 років очікується зниження стоку річок у літній період на 15–25% [19, 20].

Для оцінки впливу цього процесу на якість води Дністра проведено математичне моделювання за сценарієм «гідрологічна посуха».

Моделювання базується на рівнянні матеріального балансу консервативної речовини. Розглядали сценарій, при якому антропогенне навантаження (обсяг та концентрація стічних вод q_s , C_s) залишається незмінним, а витрати води у річці (Q_r) знижуються відповідно до кліматичних прогнозів [10].

Формула розрахунку прогнозованої концентрації ($C_{\max}$):

$$C_{\max} = Q_r C_r + q_s C_s / Q_r + q_s$$

де Q_r – фонові витрати річки ($\text{м}^3/\text{с}$); C_r – фонові концентрації забруднюючої речовини ($\text{мг}/\text{дм}^3$); q_s – витрати стічних вод ($\text{м}^3/\text{с}$); C_s – концентрація речовини у стічних водах ($\text{мг}/\text{дм}^3$).

Як індикаторну речовину обрано амонійний азот, оскільки він є маркером комунального забруднення і критичним параметром для рибогосподарського використання.

Таблиця 3.8 – Прогноз зміни якості води за показником амонійного азоту при зниженні водності

Параметр	Базовий сценарій (поточний стан)	Сценарій А (-20% стоку, IPCC Moderate)	Сценарій В (-40% стоку, IPCC Extreme/Crisis)	ГДК (Рибогосп)
Витрата річки (Q), $\text{м}^3/\text{с}$	8,50	6,80	5,10	-
Розрахункова концентрація N-NH_4^+ , $\text{мг}/\text{дм}^3$	0,32	0,35	0,40	0,5 (ліміт)
Відсоток зростання забруднення	0%	+9,4%	+25,0%	-
Кратність перевищення екологічного нормативу ЕС ($\text{EQS} = 0,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$)	1,6 рази	1,75 рази	2,0 рази	-

Результати моделювання демонструють тривожну тенденцію:

- зниження рівня води на 20% (що є цілком реалістичним прогнозом до 2030 року згідно з даними NASA Earth Observatory) призводить до автоматичного погіршення якості води майже на 10% без будь-якого збільшення обсягів скидів;
- у сценарії «екстремальна посуха» (-40% стоку, що спостерігалось влітку 2015 та 2022 років) концентрація амонію наближається до критичної межі ГДК. Враховуючи, що аміак (NH_3) є високотоксичним для риб, це створює пряму загрозу масових заморів;
- низький рівень води призводить до швидшого прогрівання товщі води. Згідно з законом Вант-Гоффа, підвищення температури на 10°C прискорює хімічні реакції у 2-3 рази. Тепла вода містить менше кисню, що додатково пригнічує процеси самоочищення (нітрифікації).

Для просторового аналізу екологічного стану регіону колективом авторів (О.М. Мандрик, В.О. Охарев, Т.В. Триснюк, Р.Й. Михайлюк) було розроблено комплексну картографічну модель (рис. 3.6). Методика її побудови базувалася на суперпозиції (накладанні) контурів забруднення різних середовищ — едафотопу, гідросфери (грунтових вод), атмосферного повітря, снігового покриву та фітоценозів — на ландшафтну основу. Це дозволило візуалізувати інтегральну екологічну ситуацію на обох берегах Дністра [29].

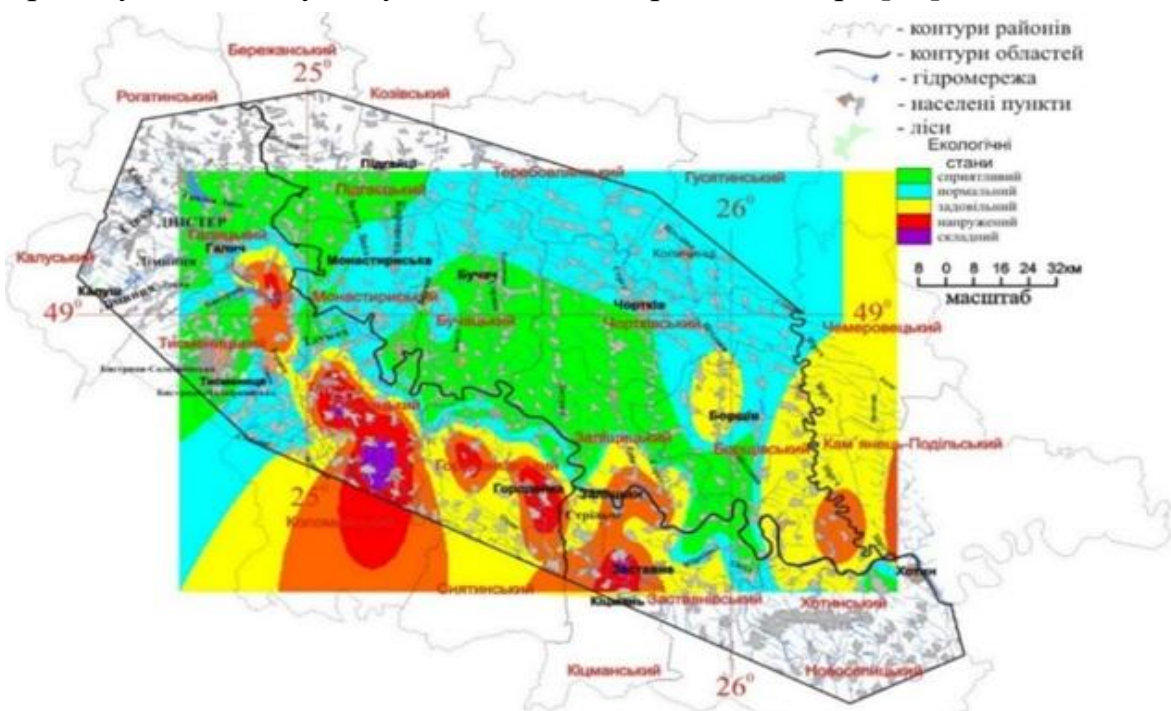


Рисунок 3.6 – Інтегральна карта екологічного стану та забруднення компонентів довкілля в басейні Дністра (розроблена за О.М. Мандриком та співавторами) [29]

Оцінювання базується на ранжуванні сумарних індексів забруднення, де кожному діапазону значень присвоєно певний колір. Таке кодування дозволяє виділяти специфічні геоecологічні структури (зони або смуги). Дослідники [29] виявили цікаву закономірність: на територіях із мінімальним антропогенним тиском межі геоecологічних зон корелюють із природними ландшафтними контурами долини річки. Натомість у зонах екологічних аномалій, де фіксується значне перевищення фонових показників забруднення (зокрема, у Прут-Дністровському межиріччі), спостерігається дисонанс між ландшафтною будовою та геоecологічними межами. Це підтверджує домінування техногенного фактора над природним у формуванні просторової структури екосистем.

Басейн Верхнього Дністра знаходиться у стані нестійкої екологічної рівноваги. Наявна система водовідведення та очистки стоків спроектована для гідрологічних умов середини ХХ століття. В умовах кліматичних змін ХХІ ст. ця система стає неефективною. «Ефект концентрування» забруднень під час посух робить річку критично залежною від техногенного навантаження. Подальше ігнорування цього фактору призведе до незворотної деградації екосистеми та втрати її рекреаційного та господарського потенціалу.

3.4 Синергія енергетичного переходу та екологічної стійкості басейну Дністра в умовах воєнних ризиків та трансформації землекористування

Забезпечення стійкості басейну річки Дністер на території Львівської області вимагає переходу від секторального підходу до інтегрованого управління за моделлю **«Water-Energy-Land Nexus»** (взаємозв'язок води, енергії та земельних ресурсів). В умовах воєнного стану та курсу України на євроінтеграцію, цей підхід набуває критичного значення через необхідність одночасної декарбонізації економіки та гарантування екологічної безпеки.

Землекористування у верхній частині басейну Дністра на території Львівської області визначається поєднанням гірських лісових ландшафтів та аграрно-урбанізованих зон долини річки. Найточніші актуальні дані щодо просторової структури водозбору надає Служба моніторингу земної поверхні програми Copernicus (набори даних CLC2018, оновлення 2021 і 2023 рр.) [1, 16].

Відповідно до класифікації CORINE Land Cover, структура землекористування у межах басейну Верхнього Дністра має такий вигляд (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Структура земельного покриву басейну за даними дистанційного зондування Землі

Категорія землекористування	Опис	Частка території басейну, %
Ліси та природні території	Хвойні, мішані, листяні ліси, природні луки	46–50 %
Сільськогосподарські угіддя	Рілля, сади, пасовища, сіножаті	38–42 %
Урбанізовані та забудовані території	Міста, селища, промзони	6–12,4 %
Водні об'єкти та заплави	Річки, ставки, заплавні ділянки	1,5–2,0 %
Інші землі (луки, деградовані землі, промзони)	Деградовані землі, кар'єри, техногенні території	3–4 %

Аналіз даних свідчить, що лісистість залишається ключовим фактором регуляції стоку, запобігання ерозії та формування екологічної стійкості річкової системи. Водночас аграрне землекористування (до 42 %) та урбанізовані території формують основну частину антропогенного пресингу на долину Дністра. Активні зміни землекористування, зокрема розширення забудови та деградація прибережних екосистем, особливо помітні в межах Стрийської, Самбірської та Миколаївської громад.

Згідно з даними FAO, стійкість аграрного сектору регіону прямо залежить від стабільності водного режиму та якості води. Надлишок біогенних речовин (азоту та фосфору) у водних тілах створює ризики евтрофікації, що загрожує як рибним ресурсам, так і здоров'ю населення. За даними WHO (2023), якість поверхневих вод корелює із рівнем захворюваності, що робить екологічний стан річки питанням соціальної безпеки.

Оцінка антропогенної трансформації природних комплексів Карпатських та Подільських приток р. Дністер базувалася на поєднанні методичного підходу П.Г. Шищенка та аналізі відкритих геоданих міжнародної мережі ZoI Environment Network. Такий комбінований метод дозволив визначити глибину змін ландшафтної структури регіону під впливом господарської діяльності [46].

Багаторічна експлуатація природних ресурсів (вирубання лісів, оранка земель, промислова забудова) докорінно змінила вигляд басейну Дністра. Згідно з літературними джерелами [3, 10, 11], сучасна структура біогеоценотичного покриву є суттєво трансформованою: частка лісів скоротилася до 51 %, агроландшафти займають 38 %, а урбанізовані території та інфраструктура – 12,4 %. Наслідком цього стала фрагментація природного середовища та формування мозаїчного ландшафту з домінуванням вторинних біогеоценозів.

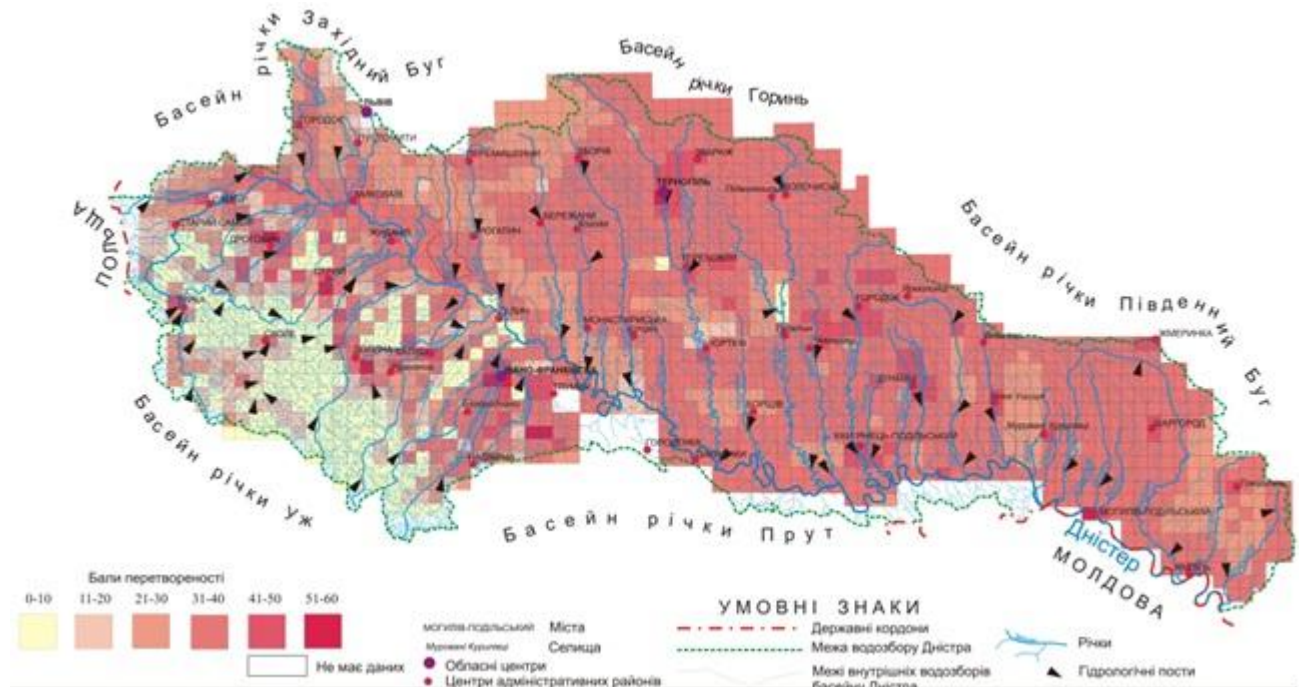


Рисунок 3.7 – Просторова диференціація рівнів антропогенної трансформованості басейнів приток Дністра (адаптовано за А.А. Мельником) [30]

Дослідження групи науковців (В. Кучерявий, І. Данилик, В. Скробала, Р. Данилик) підтверджують критичний рівень урбанізації Верхнього Дністра. Більшість екосистем класифікуються як евгемеробні (сильно змінені) та полігемеробні ландшафти, що є результатом тривалого техногенного пресингу. Для визначення глибини деградації рослинного покриву застосовувався метод порівняння сучасних фітоценозів із реконструйованою (потенційною) рослинністю. Аналіз індексів синантропності та видової структури дозволив виявити сукцесійні ряди, що відображають різні стадії антропогенної дигресії.

За результатами розрахунку інтегрального індексу антропогенного пресингу в басейні р. Дністер виокремлено три зони з мінімальним рівнем господарського впливу. Просторовий аналіз демонструє чіткий градієнт навантаження: найбільше трансформації зазнали водозбори притоки

Середнього Дністра. Натомість у верхів'ї річки цей показник суттєво менший, що підтверджує про збереження більш природного стану ландшафтів.

У структурі земельного фонду регіону також кардинальні зміни внаслідок масштабної меліорації. Колишні водно-болотні угіддя були масово осушені та інтегровані в аграрний обіг як рілля, сіножаті та пасовища. Як наслідок, частка гідроморфних екосистем (боліт) нині є критично низькою і не перевищує 1 %.



Рисунок 3.8 – Схема районування басейнів приток Дністра (Карпатсько-Подільська ділянка) за рівнем комплексного антропогенного пресингу

Визначено, що ключовими детермінантами, які формують сучасний гідрологічний та ландшафтний стан території, є: рівень розораності, густота селитебної забудови, ступінь еродованості земель, частка заболочених територій та середньозважений ухил річища. Саме баланс цих факторів визначає екологічну стійкість природних комплексів.

Розраховані значення коефіцієнта антропогенної трансформованості (K_{an}) варіюють у межах 6,40–6,71. Такі високі показники підтверджують факт глибокої трансформації природних екосистем та докорінну зміну ландшафтотворчих процесів під тиском інтенсивного господарювання.

Окрім землекористування, суттєвим фактором впливу є гідротехнічне регулювання. Хоча на Львівщині відсутні великі гідроелектростанції, річка є невіддільною складовою системи водорегулювання Дністровського комплексного гідровузла, до якого входять:

- Дністровська ГЕС-1 (702 МВт);

- Дністровська ГЕС-2 (48 МВт);
- Дністровська ГАЕС (проектна потужність 2268 МВт, діючі агрегати – 972 МВт).

Ці об’єкти розміщені нижче за течією (Чернівецька, Вінницька обл.), проте існує тісний гідрологічний зв’язок: стік, що формується на Львівщині, визначає ефективність роботи каскаду, а сам каскад створює бар’єр для міграції гідробіонтів у верхів’я.

Робота гідровузла має стратегічне значення:

- під час маловоддя (2020–2023 рр.) регулювання стоку на Дністровському каскаді сприяло стабілізації водопостачання для регіонів України й Молдови;
- під час повеней 2019 і 2022 років гідровузол забезпечив зменшення пікових витрат на 15–25 %, що відображено в звіті Дністровської комісії [13].

Сучасні виклики пов’язані з імплементацією Європейського зеленого курсу (EU Green Deal) та Плану дій щодо нульового забруднення (Zero Pollution Action Plan, 2021), згідно з якими Україна зобов’язалася сприяти кліматичній нейтральності та декарбонізації енергетики. Ці процеси впливають на Україну, яка у 2023 році затвердила Національний енергетичний та кліматичний план з акцентом на розвиток відновних джерел енергії та модернізацію гідроенергетики [1, 35]. Перехід від теплової генерації до відновлюваних джерел змінює структуру водокористування (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Залежність обсягів водокористування від джерела енергії

Тип електростанцій	Середній водозабір на 1 МВт·год	Примітка
Вугільні ТЕС	1,6–2,0 м³	Охолодження, зола та шлаки
Газові ТЕС	0,5–0,9 м³	Охолодження
Сонячні/вітрові	≈0 м³	Мінімальне водокористування
ГАЕС	залежить від циклу	Вплив на рівневий режим річки

Зокрема, зменшення споживання води тепловими електростанціями у 2022–2024 рр. на тлі бойових дій та переходу на відновлювану генерацію зменшило техногенний тиск на річки Карпатського регіону на 20–25 % (звіт Міненерго України, 2024) [35].

Однак, пошкодження енергетичної інфраструктури після 2022 року призвело до:

- зростання інтересу громад до малої гідроенергетики у західних областях, як джерела локальної енергостійкості;
- потреби в локальних джерелах енергії для критичних об'єктів;
- тиску на річкові екосистеми, якщо малі ГЕС плануються без стратегічної еко-оцінки.

За даними Держводагентства кількість запланованих й діючих малих гідроелектростанцій у басейні Львівщини – 36 об'єктів, із них діючих – 11, решта на стадії проектування або заморозки (2023) [16, 35].

Однак хаотичний розвиток малої гідроенергетики (0,5–2 МВт) без належної стратегічної екологічної оцінки несе значні ризики:

- фрагментацію річкової мережі та переривання міграційних шляхів риб;
- зміну температурного та кисневого режимів;
- зниження самоочисної здатності річок.

Таким чином, пошук балансу між енергетичною безпекою та збереженням цілісності екосистем є критично важливим завданням у процесі повоєнної відбудови.

Стан річки Дністер у межах Львівської області є ключовим елементом не лише екологічної, а й національної безпеки. Згідно з даними UNEP (2023–2024), під час війни зростає ризик техногенних аварій, що можуть впливати на якість води навіть у тилкових регіонах [48], тому захист водних об'єктів набуває статусу критичного пріоритету.

Повоєнна відбудова України, орієнтована на принципи «build back better» та стандарти ЄС, вимагає балансу між енергетичною безпекою та збереженням екосистем. Розвиток енергетики в басейні Дністра повинен відбуватися виключно в межах інтегрованого управління згідно з Водною рамковою директивою (2000/60/ЄС), де пріоритетом є «добрий екологічний стан» водних масивів.

Басейн Дністра охоплює одну з найродючіших частин Львівщини, де сільське господарство є базовим сектором економіки регіону. Його стійкість, за даними FAO, прямо залежить від доступності води для зрошення, якості води для тваринництва, родючості ґрунтів у заплавної зоні та стабільності водного режиму у періоди посух [1, 18].

В умовах зміни клімату, коли опади стають нерівномірними, а літні посухи частішають, якісний стан води в річках і ґрунтових горизонтах визначає обсяги

продукції та сталий розвиток громади. Інтенсивне землеробство створює зворотний тиск: надлишок азоту та фосфору у водних тілах (біогени) може викликати евтрофікацію, погіршення стану рибних ресурсів та робить воду непридатною для господарських потреб..

Крім того, розвиток біоенергетики як складової енергетичної безпеки створює додатковий тиск на земельні ресурси, посилюючи конкуренцію між вирощуванням продовольчих та технічних культур.

Оскільки притоки Дністра протікають через густозаселені райони, екологічна безпека річки має прямі соціальні наслідки. За даними WHO (2023), якість поверхневих вод корелює з рівнем захворюваності населення: від кишкових інфекцій до хронічних інтоксикацій важкими металами та дерматологічних проблем [36]. Погіршення якості води може спричинити зростання витрат на водопідготовку, зниження якості життя населення, загроз для рекреаційно-туристичної галузі та підвищений ризик соціально-економічної нестабільності громад.

У звітах UNEP про вплив війни на довкілля (2022–2024) наголошується: стан водних об'єктів є одним із ключових індикаторів екологічної безпеки регіону, а ризик аварійного забруднення зростає навіть на тилкових територіях [32].

Після 2022 року Україна взяла курс на екологізацію економіки, що відповідає стандартам ЄС. Основні напрямки, які впливають на басейн Дністра:

1) екологізація аграрного сектору передусім підтримується впровадженням екосхем (eco-schemes), спрямованих на збереження прибережних смуг, зменшення використання агрохімікатів та відновленням деградованих земель. ЄС у межах Common Agricultural Policy вимагає зниження навантаження на водні ресурси [37];

2) промислова декарбонізація зумовлює зобов'язання України в межах Європейського зеленого курсу щодо модернізації промисловості, впровадження найкращих доступних технологій, а також суттєвого зниження забруднення вод та повітря;

3) повоєнна відбудова України орієнтується на принципи EU Green Deal та концепцію “build back better”, що передбачає впровадження зеленої інфраструктури, підвищення кліматичної стійкості та застосування інтегрованого водного менеджменту.

За оцінками Світового банку (2023), відбудова та модернізація водної інфраструктури має один із найвищих пріоритетів серед усіх відновлювальних заходів.

Таким чином, стан річки Дністер у межах Львівщини є не лише екологічним питанням, а ключовим елементом стійкості та безпеки регіону, оскільки він визначає:

- доступ до безпечної води для населення та господарства;
- продовольчу безпеку через підтримку агросектору;
- енергетичну автономність (наприклад, через гідроенергетику);
- соціальну стабільність громад, які залежать від річкових ресурсів;
- можливості повоєнного розвитку та відновлення економіки.

У цьому контексті захист екосистеми Дністра розглядається як гарантія довгострокової безпекової стабільності регіону.

3.5 Стратегічні вектори екологічної політики та практичні заходи з ревіталізації басейну Дністра

Сучасні умови функціонування річкових екосистем України, зокрема басейну Дністра, визначаються кумулятивним впливом кількох факторів: зміни клімату, інтенсифікації аграрного та урбанізаційного навантаження, деградації прибережних смуг, порушення гідрологічних режимів, а з 2022 року – також наслідками повномасштабної війни.

Європейський зелений курс та пов'язані політики – *Zero Pollution Action Plan*, *EU Biodiversity Strategy*, *Farm to Fork Strategy* та *EU Climate Adaptation Strategy* – формують рамку, в якій повинна відбуватися повоєнна відбудова України. У цьому контексті природоохоронні заходи для верхньої частини басейну Дністра мають інтегрувати принципи декарбонізації, кліматичної адаптації, екологізації економіки та відновлення природних екосистем.

Україна, відповідно до Угоди про асоціацію з ЄС та підготовки до вступу, уже імплементує значну частину водної, екологічної та кліматичної законодавчої бази ЄС, включно з Водною рамковою директивою (2000/60/ЄС), Директивою щодо очищення міських стічних вод (91/271/ЄЕС, оновлення 2022/0345 COD), Директивою щодо азоту та фосфору, Директивою 2008/105/ЄС щодо пріоритетних речовин та ін.

У цьому контексті природоохоронні заходи для верхньої частини басейну Дністра мають інтегрувати принципи: декарбонізації, кліматичної адаптації, екологізації економіки, стійкої відбудови та відновлення природних екосистем.

Спираючись на методологію Міжнародного водного офісу (ОіЕау), у табл. 3.11 виокремлено ключові природоорієнтовані рішення для нівелювання основних типів антропогенного тиску. Запропонована класифікація демонструє потенціал застосування цих заходів для покращення стану річкових басейнів [25].

Таблиця 3.11 – Добір оптимальних природоорієнтованих рішень для зменшення антропогенного впливу на водні об'єкти (на основі даних ОіЕау) [22]

Тип навантаження на водні масиви		Тип природоорієнтованого рішення	Масштаби впровадження	Типова «сіра» інфраструктура й технології
1. Точкові джерела забруднення	Агломерації та промисловість	Загальні особливості управління дощовими стоками	Місто, селище, промисловий об'єкт	Інфраструктура зливової каналізації
		Біоінженерні ставки для очищення стічних вод		Каналізаційно-очисні споруди
2. Дифузні джерела забруднення	Сільське господарство	Покращення практики вирощування	Ділянка сільськогосподарського призначення	Сучасна агротехніка
		Перехід до землекористування з меншим впливом на довкілля	Водойма	Відсутні
		Адаптоване водовідведення	Ділянка сільськогосподарського призначення	
		Відновлення лук і пасовищ	Водойма	
	Міські стічні води	Загальні особливості управління дощовими стоками	Місто, селище, промисловий об'єкт	Інфраструктура зливової каналізації
	Лісництво	Наближене до природи лісництво	Водний масив і його суббасейн	Відсутні
		Ставки для затримання наносів і контрольні-перепускні дамби	Водний простір	Відсутні
	Інше	Загальні особливості управління дощовими стоками	Водойма	Інфраструктура зливової каналізації
3. Водозабір або відведення потоків	Сільське господарство	Покращення практики вирощування	Фермерське господарство	Сучасна агротехніка
		Кероване поповнення водоносного горизонту	Водойма до басейну	Дамби й насоси для підземних вод
	Інше	Кероване поповнення водоносного горизонту	У межах басейну	
4. Гідроморфологія	Фізичні зміни	Адаптоване лісництво в заплавах річок і вологих лісах	Водний простір	Відсутні
		Відновлення водних екосистем	Водний простір	Відсутні
	Дамби й бар'єри	Усунення бар'єрів	У межах басейну	Відсутні
		Відновлення водних екосистем	Водний простір	
	Гідрологічні зміни	Адаптоване водовідведення	Водойма	Водосховища
		Покращення практики вирощування	Водойма	Відсутні
		Кероване поповнення водоносного горизонту	Водоймище до басейну	Водосховища

У рамках імплементації Плану управління річковим басейном Дністра на період 2025–2030 років (у I-му циклі) визначено пріоритетний перелік інтервенцій, спрямованих на досягнення екологічних цілей (рис. 3.9).

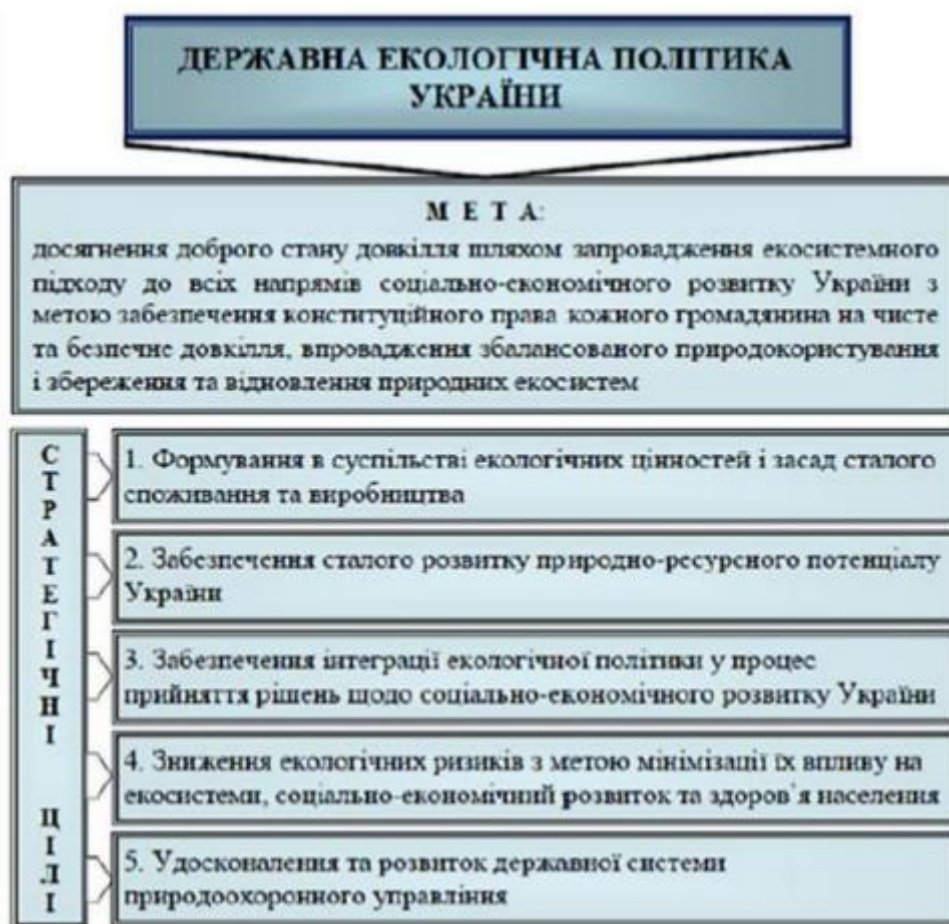


Рисунок 3.9 – Концептуальна модель мети та стратегічних напрямів екологічної політики України

Ключовим вектором у сфері промислової безпеки є мінімізація ризиків трансграничного забруднення від об'єктів минулої господарської діяльності. Зокрема, передбачено проведення комплексної технічної реабілітації (капітального ремонту) гідротехнічних споруд ДП «Сірка» (Новороздільська ТГ), що дозволить локалізувати осередки емісії небезпечних хімічних речовин.

Паралельно стратегія включає інфраструктурну модернізацію комунального сектору: заплановано масштабну реконструкцію та нове будівництво каналізаційних очисних споруд і колекторних мереж у найбільших урбанізованих кластерах регіону – Львівській та Дрогобицькій територіальних громадах.

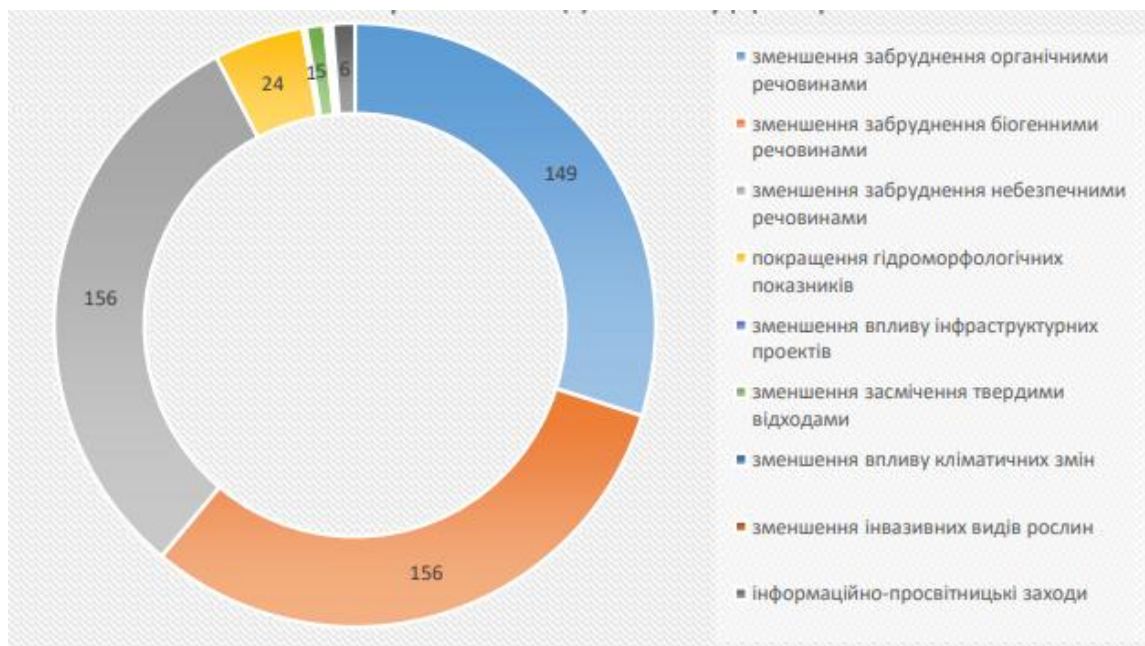


Рисунок 3.10 – Ієрархічна структура реалізації програм заходів у розрізі масивів поверхневих вод

Економічний профіль басейну Дністра, де домінують екстрактивні галузі (гірничодобувна, нафтогазова), хімічна промисловість та інтенсивний агросектор, детермінує складну архітектуру екологічних ризиків. З огляду на високу ймовірність аварійних емісій з хвостосховищ та інциденти з розливами нафтопродуктів, імплементація невідкладних ревіталізаційних заходів є екологічним імперативом для відновлення екологічного потенціалу водних масивів Львівщини. Актуальність цього завдання підсилюється зафіксованими фактами аварійного забруднення поверхневих вод нафтопродуктами, що унеможливує досягнення «доброго» екологічного стану басейну без системної інтервенції.

Якість ґрунтових вод (першого від поверхні безнапірного горизонту) характеризується незадовільним станом через низьку природну захищеність від поверхневого стоку. Основними драйверами хімічного забруднення виступають:

- дифузне сільськогосподарське навантаження, насамперед змив та інфільтрація агрохімікатів призводять до накопичення пестицидів та нітратів;
- комунально-побутовий фактор, зокрема через брак каналізаційної інфраструктури в селітебних зонах спричиняє бактеріальне та амонійне забруднення.

Тривожним сигналом є розширення спектра полютантів у ґрунтових водах за рахунок нафтопродуктів та засобів захисту рослин. Якщо забруднення вуглеводнями (Прикарпаття) традиційно класифікується як точкове, то в межах нафтопромислових районів басейну Дністра воно трансформується у стійке дифузне (площинне) забруднення, що потребує специфічних методів ремедіації.

Імплементація норм Закону України «Про водовідведення та очищення стічних вод» (№ 2887-IX від 12.01.2023) вимагає кардинальної перебудови системи муніципального водовідведення басейну Дністра. Стратегічною метою визначено мінімізацію навантаження на масиви поверхневих вод шляхом модернізації інфраструктури в 113 урбанізованих агломераціях (що становить 51% населених пунктів басейну) з популяційним еквівалентом понад 2000 осіб.

Програма заходів передбачає комплексний підхід до зниження емісії органічних, біогенних та небезпечних речовин. Аналіз інвестиційних потреб територіальних громад свідчить про домінування необхідності реконструкції та технологічної модернізації існуючих каналізаційних очисних споруд та мереж – такі проєкти актуальні для 108 громад. Водночас, для 50 ТГ пріоритетним завданням є нове капітальне будівництво інфраструктури водовідведення «з нуля» [31].

При розробці заходів для відновлення та збереження екосистем Дністра необхідно врахувати, що у Плані управління річковим басейном Дністра (2025–2030) передбачено реконструкцію і будівництво каналізаційних очисних споруд та мереж водовідведення у містах та громадах басейну. У рекомендованих заходах – модернізація існуючих КОС (перехід на біологічну очистку, очищення мулу), введення зливової каналізації для дощових стоків, 100% підключення населення до системи водовідведення [34].

Міжнародні експерти наполягають на впровадженні водозберігаючих технологій в агросекторі та оптимізації роботи водосховищ (ефективніше регулювання сезонних стоків). Також критично важливою є синергія з Молдовою в рамках Конвенції з транскордонних вод із створенням систем раннього попередження про паводки та посухи, відновленням заплав і старичних озер, ревіталізація прибережних біотопів. Прикладом успішного впровадження природоорієнтованих рішень є створення ландшафтного заказника «Стариці Дністра» (Львівщина, 70 га), що охороняють старі річкові

протоки зі специфічною флорою і фауною (чорний лелека, водні землерийки тощо) [25]. Використання таких природних фільтрів сприяє самоочищенню вод.

Міжнародні експерти також наголошують на необхідності впровадження водозберігаючих технологій в агросекторі та оптимізації режимів роботи водосховищ для підтримки екологічного стоку.

3.6 Впровадження природоорієнтованих рішень та створення багатозонних буферних смуг для мінімізації дифузного забруднення басейну Верхнього Дністра

Базуючись на результатах комплексної оцінки екологічного стану та прогнозу екологічних ризиків у басейні Верхнього Дністра, обґрунтовано необхідність імплементації інтегрованої стратегії ревіталізації річкової системи. Запропонований підхід ґрунтується на зміні традиційної парадигми водоохоронної діяльності, враховуючи перехід від домінування виключно інженерних споруд та технологій очищення «на кінці труби» – до широкого застосування природоорієнтованих екосистемних рішень. Такий підхід повністю корелює зі стратегічними пріоритетами Європейського зеленого курсу та вимогам сталого управління водними ресурсами в умовах кліматичних змін.

Згідно з класифікацією Міжнародного союзу охорони природи, природорієнтовані рішення визнано одним з найефективніших інструментів боротьби з дифузним (площинним) забрудненням водних екосистем [10, 11]. Актуальність цього підходу для Львівської області підтверджується звітами FAO, згідно з якими аграрний сектор у регіонах інтенсивного землеробства генерує до 60% сумарного азотного навантаження на Дністровський басейн. Відтак, ключовим елементом системи водоохоронних заходів визначено формування функціональних прибережних захисних смуг

Важливо зазначити, що просте дотримання чинних нормативних вимог (зокрема, 100-метрова водоохоронна зона для великих річок згідно зі ст. 88 Водного кодексу України) на практиці часто реалізуються формально та не забезпечують достатнього перехоплення біогенних елементів і зниження забруднення через відсутність належної вегетаційної структури. Тому спираючись на методичні рекомендації Європейської агенції довкілля щодо управління прибережними зонами пропонується створення

багатофункціонального біогеохімічного бар'єра, побудованого за принципом ландшафтного зонування, що забезпечує послідовну фільтрацію, депонування та трансформацію поллютантів.

Для підвищення ефективності буферної зони змодельовано оптимальну структуру захисної смуги загальною шириною 20–30 м, що включає три функціональні екотони:

- приуслова зона (5–10 м) – призначена для стабілізації берегів, затінення русла (що знижує температуру води та підвищує вміст розчиненого кисню), а також для інтенсивних процесів денітрифікації у ризосфері. Рекомендовано висадження швидкоростучих деревних порід з розвинутою кореневою системою, таких як *верба біла* (*Salix alba*) та *вільха чорна* (*Alnus glutinosa*);

- проміжна (чагарникова) зона (10–15 м) – виконує функції механічної фільтрації, уповільнення поверхневого стоку та осадження зважених часток ґрунту. Доцільно формувати її за рахунок чагарникових видів: калина, бузина, дерен, які ефективно затримують частинки та підвищують біорізноманіття;

- зовнішня (трав'яна) зона, що межує з орними землями (5–10 м) – забезпечує перехоплення залишків пестицидів, мінеральних добрив і поверхневого стоку з полів. Рекомендовано створення щільного трав'яного фільтра з багаторічних злакових трав (костриця, райграс), що формують густий дерен та ефективно фіксують поживні речовини.

Запропонована зонована структура формує багаторівневий механізм очищення, який поєднує:

- механічне осадження та затримання завислих часток (зона В);
- біохімічну трансформацію, зокрема денітрифікацію нітратів до газоподібного азоту у кореневій системі дерев (зона А);
- фітоекстракцію та поглинання залишкових біогенів і пестицидів біомасою трав (зона С).

Таким чином, впровадження прибережних біогеохімічних бар'єрів є ключовим природоорієнтованим рішенням для зменшення аграрного навантаження, стабілізації берегової лінії, підвищення екологічної стійкості малих та середніх водотоків та формування цілісної системи екологічної безпеки Верхнього Дністра.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

4.1 Охорона праці у сфері природокористування

Охорона праці у сфері природокористування в басейні річок є невід'ємною частиною ефективної та безпечної взаємодії з природним середовищем. Зважаючи на тісний зв'язок між людською діяльністю та станом природи, розробка та впровадження ефективних заходів з охорони праці стає важливою умовою забезпечення сталого та екологічно відповідального природокористування.

Структура природокористування в басейні річок включає в себе різноманітні види діяльності, такі як сільське господарство, промисловість, туризм та розробка прибережних територій. Аналіз цієї структури дозволяє виявити основні сектори, які вносять вклад у природокористування.

Оцінка співвідношення між екологічно безпечними та небезпечними формами природокористування вказує на ступінь впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Виявлення та регулювання проблемних аспектів такого впливу є ключовим завданням для підтримки екологічно збалансованого природокористування.

Перед початком роботи у сфері природокористування, працівники повинні пройти обов'язкову підготовку та інструктаж з охорони праці. Це включає у себе знайомство із правилами безпеки та процедурами надзвичайних ситуацій.

Для кожного працівника ведеться журнал, в якому фіксуються записи про проходження інструктажу. У випадку невиконання вимог стандартів з охорони праці, працівник несе відповідальність за порушення цих норм.

Регулярний контроль та аудит системи охорони праці дозволяють виявляти та вирішувати проблеми, а також вдосконалювати заходи з покращення безпеки праці в умовах природокористування.

Охорона праці та проблеми природокористування в басейні річок мають взаємозалежний характер. Ефективне управління ризиками та збалансоване природокористування вимагають впровадження сучасних методів охорони праці та надійних механізмів моніторингу впливу на природне середовище. Це стає можливим завдяки взаємодії між науковцями, громадськістю та владою в напрямку забезпечення сталого та безпечного використання річкових ресурсів.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях в басейні річок

Безпека в надзвичайних ситуаціях в басейні річок є невід'ємною частиною стратегії управління ризиками та забезпечення безпеки для населення, природи та інфраструктури. Зважаючи на різноманітність можливих небезпек у водних екосистемах, важливо розробляти та впроваджувати ефективні заходи для попередження, виявлення та реагування на надзвичайні ситуації.

Безпека в надзвичайних ситуаціях в басейні річок вимагає комплексного підходу та поєднання зусиль громади, влади та науковців. Забезпечення безпеки у водних екосистемах включає в себе не лише попередження небезпек, але й швидке та відповідальне реагування на непередбачувані ситуації з метою мінімізації втрат та збереження природного середовища.

Ризики та небезпеки в басейні річок: – високий рівень річок може викликати повені та затоплення, що становлять серйозну загрозу для населення та інфраструктури у басейні. – нестійкість берегів та ґрунтові зсуви можуть виникнути внаслідок ерозії, що призводить до небезпеки для прибережних зон та інфраструктури. – нещасні випадки у промислових об'єктах або забруднення води хімічними речовинами можуть спричинити небезпеку для водних екосистем та громадського здоров'я.

Саме тому важливими є заходи з попередження та реагування, такі як: – впровадження ефективних систем моніторингу та раннього попередження для виявлення змін у рівнях води та інших небезпек у реальному часі; – створення та регулярне оновлення планів евакуації та рятувальних операцій, які дозволяють швидко та безпечно реагувати на надзвичайні ситуації; – проведення інформаційних кампаній для підвищення громадської свідомості щодо небезпек та тренування населення з діями в надзвичайних ситуаціях; – створення системи координації та співпраці з рятувальними службами для швидкого та ефективного реагування на надзвичайні події; – використання сучасних технологій, таких як дрони та супутникові зображення, для моніторингу та реагування на надзвичайні ситуації.

Розробка та впровадження сучасних систем попередження та моніторингу, що базуються на передових технологіях, таких як сенсори, супутникові дані та системи штучного інтелекту. Це дозволить вчасно виявляти зміни в рівнях води, стані прибережних зон та інших параметрах, що вказують на можливі надзвичайні ситуації.

Створення міжсекторальних партнерств між громадою, владою та приватним сектором для спільного розв'язання проблем безпеки в надзвичайних ситуаціях. Активна співпраця із зацікавленими сторонами сприятиме обміну інформацією та ресурсами для швидкого реагування.

Покращення систем гідрометеорологічних прогнозів для точнішого передбачення небезпек та вчасного інформування громадськості. Це важливий елемент забезпечення безпеки в умовах басейну річок, оскільки сприяє своєчасному попередженню про погодні аномалії.

Проведення регулярних тренувань для населення щодо дій в надзвичайних ситуаціях та інформаційних кампаній з підвищення громадської свідомості. Навчання населення ефективним діям у випадку надзвичайних подій грає ключову роль у загальній безпеці.

Основним завданням відділу техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій є організація роботи у басейновому управлінні водних ресурсів (БУВР) по запобіганню надзвичайним ситуаціям при проходженні високих паводків, а саме: – попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на гідротехнічних об'єктах та річках басейну ріки Стир – організація безаварійного пропуску паводків на підвідомчих БУВР гідротехнічних спорудах та річках, взаємодія з організаціями, діяльність яких пов'язана з експлуатацією та ремонтом гідротехнічних споруд на них; – забезпечення надійної експлуатації водогосподарських систем, гідротехнічних споруд і окремих об'єктів інженерної інфраструктури в період паводків; – здійснення заходів пов'язаних із запобіганням шкідливої дії вод у межах сільських населених пунктів та сільськогосподарських угідь і ліквідацією її наслідків, включаючи протипаводковий захист цих територій; – забезпечення виконання положень міжнародних Угод з питань водного господарства на прикордонних водах.

Вищевказані роботи включають три етапи: • підготовка до безаварійного пропуску паводків; • організація роботи під час проходження паводків; • післяпаводкова робота (ліквідація наслідків).

Підготовчий етап роботи – це щорічна розробка відділом техногенно-екологічної безпеки Комплексного плану БУВР Стир по організації безаварійного пропуску паводків у басейні р. Стир на території області.

Плани передбачають здійснення заходів по підготовці водогосподарських об'єктів до пропуску льодоходу, весняної повені та паводків у трьох напрямках: капітальному – будівництво та підвищення надійності водозахисних споруд; експлуатаційному – експлуатація споруд 69

протипаводкового комплексу; організаційно-методичному – розробка та впровадження організаційних заходів по безаварійному пропуску паводків на місцях.

Відділ техногенно-екологічної безпеки також: – забезпечує розробку і виконання Комплексних планів протипаводкових заходів; – організовує безаварійний пропуск паводків на водогосподарських системах і річках басейну річки Стир, забезпечує взаємодію з іншими організаціями в питаннях протипаводкового захисту; – забезпечує участь в розробці і погодженні проєктів річних та перспективних планів по реконструкції і капітальному будівництву берегоукріплень, захисних дамб, ставків і водосховищ, по поточному і капітальному ремонту гідротехнічних споруд на річках басейну ріки Стир та ліквідацію наслідків шкідливої дії вод; – веде облік і контроль за наповненням і спрацюванням протипаводкових водосховищ; – здійснює методичне і технічне керівництво по організації гідрометеорологічних спостережень на відомчих водомірних постах за рівнями води в водоприймачах, каналах, на насосних станціях і водосховищах. Забезпечує обробку та накопичення даних; – розробляє і здійснює заходи по виконанню міжнародних угод по питанням водного господарства на прикордонних водах. Приймає участь в координації дій по безаварійному пропуску паводків на прикордонних ділянках рік відповідно до міжурядових угод, регламентів і положень про співпрацю по захисту від шкідливої дії вод.

У відділі працюють фахівці з питань протипаводкового захисту і гірських річок, а також головний гідролог з питань експлуатаційної гідрометрії. Застосування принципів екологічно свідомого планування при будівництві та розвитку на прибережних територіях. Збереження природи та зменшення людського впливу сприятимуть запобіганню надзвичайних ситуацій та зменшенню їхніх наслідків.

Безпека в надзвичайних ситуаціях в басейні річок – це складний та взаємопов’язаний процес, який вимагає комплексного підходу. Інтеграція сучасних технологій, активна участь громади та екологічно орієнтоване планування є ключовими чинниками, що забезпечують безпеку та сталість у водних екосистемах басейну річок.

4.3 Захист населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру

Враховуючи можливі ризики та небезпеки, пов'язані із забрудненням водойм відходами під час воєнного конфлікту, необхідно розглядати ефективні заходи для захисту населення, а саме: • забезпечити евакуацію населення з районів, які можуть бути забруднені; • провести дезактивацію і деконтамінацію територій, що зазнали забруднення; • забезпечити населення питною водою, яка відповідає вимогам безпечності.

Важливим першочерговим завданням є вдосконалення планів евакуації для населення в умовах конфлікту. Визначення безпечних укриттів та надання інструкцій щодо їх використання у випадку надзвичайних ситуацій.

Додатково, необхідно проводити систематичні навчання з екстрених ситуацій для населення, особливо з фокусом на небезпеці від забруднення води твердими побутовими відходами під час воєнного конфлікту. Це включає в себе забезпечення доступу до актуальної інформації та інструкцій для мешканців.

Забезпечення захисту водних ресурсів у таких умовах включає вдосконалення заходів для захисту водних джерел від потенційних атак або забруднення в результаті воєнного конфлікту. Проведення моніторингу та контролю якості води у кризових ситуаціях є критично важливим для забезпечення безпеки питної води.

Створення систем подачі питної води є необхідністю для забезпечення населення питною водою в умовах обмеженого доступу або забруднення власних джерел. Це передбачає не лише розробку ефективних систем, але й забезпечення резервних джерел водопостачання.

Плани надання медичної допомоги у випадку захворювань, пов'язаних із забрудненням води, є необхідними для ефективного реагування на потенційні загрози здоров'ю. Важливо також забезпечити необхідні медичні ресурси та ліки для лікування хворих.

Співпраця з громадськістю та міжнародними партнерами включає встановлення ефективних механізмів взаємодії для отримання допомоги у випадку надзвичайних ситуацій. Розробка програм психологічної підтримки для населення, яке може зазнати стресу в умовах воєнного конфлікту, також є ключовою для збереження психічного здоров'я громадян.

Враховуючи зазначені заходи, можна забезпечити ефективний захист населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру, коли забруднення поверхневих вод може стати чинником додаткового ризику для громадського здоров'я та довкілля.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі на основі аналізу даних моніторингу, статистичної звітності та моделювання здійснено комплексну оцінку екологічного стану басейну річки Дністер у межах Львівської області та розроблено заходи щодо його покращення.

Встановлено провідну роль Львівської області у формуванні техногенного навантаження на басейн Дністра. Регіон генерує 47 % забруднених зворотних вод (0,359 млн м³), що визначає його як ключову зону антропогенного пресингу. Домінуючими чинниками деградації екосистеми визначено скиди недостатньо очищених комунальних стічних вод та вплив промислових об'єктів. Основними забруднювачами ідентифіковано підприємства житловокомунального господарства, зокрема ЛМКП «Львівводоканал», а також водоканали Дрогобича, Самбора та Миколаєва.

Виявлено чітку просторову диференціацію якості води за градієнтом «витік – транзит – акумуляція». Якщо у верхів'ї (с. Вовче) вода відповідає II класу якості («чиста»), то у замикаючому створі Львівщини (с. Журавно) відбувається деградація до IV класу («забруднена»). Фіксується стабільне перевищення нормативів за вмістом біогенних речовин (азот амонійний, нітрити, фосфати), що свідчить про низьку ефективність роботи очисних споруд та інтенсивні процеси евтрофікації.

Встановлено наявність критичних техногенних об'єктів, що створюють високі екологічні ризики. У басейні Верхнього Дністра функціонує 32 хвостосховища, у яких акумульовано значні обсяги промислових відходів (зокрема, понад 85 млн м³ відходів сірчаного виробництва та понад 38 млн м³ відходів калійних добрив). Локалізація цих об'єктів у безпосередній близькості до гідрографічної мережі створює високі ризики аварійного забруднення та транскордонного перенесення токсикантів. Дослідження донних відкладів виявило геохімічні аномалії з перевищенням умісту важких металів (кадмію та свинцю) у районах впадіння річок Тисмениця та Стрий.

Доведено, що в умовах воєнного стану з'явилися нові екологічні ризики, пов'язані з атаками на енергетичну інфраструктуру. Блекаути призводять до зупинки систем аерації на очисних спорудах, що спричиняє аварійні скиди

неочищених вод і локальні замори риби через дефіцит кисню. Крім того, зафіксовано факти прямого забруднення річки нафтопродуктами внаслідок ракетних ударів по об'єктах інфраструктури.

Моделювання кліматичних змін підтвердило ризики істотного погіршення якості води у літній період. Прогнозоване зниження стоку на 20–40 % у межень активізуватиме «ефект концентрування» забруднювачів. Розрахунки демонструють, що навіть без збільшення обсягів скидів, концентрація амонійного азоту при сценарії «екстремальна посуха» може зрости на 25 %, досягаючи критичних значень для річкової біоти.

Розрахований коефіцієнт антропогенної перетвореності ландшафтів ($K_{an} \approx 6,11$) свідчить про значну модифікацію природних комплексів басейну. Висока розораність території, скорочення площ природних заплавних екосистем і фрагментація лісистих ділянок суттєво знижують біотичну стійкість та здатність річкових екосистем до природної регуляції стоку та фільтрації забруднень.

Обґрунтовано необхідність переходу від традиційних інженерних рішень до впровадження природоорієнтованих технологій. Запропоновано модель створення трикомпонентних буферних захисних смуг шириною 20–30 м, що включають приуслову (деревну), чагарникову та трав'яну зони. Таке рішення дозволить забезпечити механічну фільтрацію стоку, денітрифікацію та зменшення дифузного забруднення агроландшафтів та відновлення структурної цілісності заплавних екосистем. Стратегічними пріоритетами також визначено модернізацію каналізаційних очисних споруд з упровадженням технологій видалення азоту і фосфору та ревіталізацію малих річок басейну згідно з вимогами Водної рамкової директиви ЄС.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України / Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. // Під ред. Садогурської С.С. Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021, 32 с.
2. Борсукевич Л.М. Збереження біорізноманіття водно-болотних угідь шляхом оптимізації регіональної екомережі (басейн верхньої течії Дністра, Прута та Західного Бугу). *Науковий вісник НЛТУ України. Екологія довкілля*. Вип. 20.6. 2010. С. 85-93.
3. Вишневський В.І., Куций А.В. Багаторічні зміни водного режиму річок України: монографія. Київ: Видавництво «Наукова думка». 2022. 269 с.
4. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text
5. Водний кодекс України / Введений в дію Постановою Верховної Ради України № 214/95-ВР від 06.06.1995. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/-laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 24.12.2018)
6. Война І. М., Лебедовський А. В. Висотна диференціація антропогенних ландшафтів: сутність, прояви, значимість. *Журнал «Ландшафтознавство»*. 4(2). 2023. С. 17-24.
7. Вплив геологічних структур на характер зміщень русел рік верхньої частини басейну Дністра / Х. В. Бурштинська, А. В. Бабушка, І. М. Бубняк, Л. В. Бабій, С. К. Третяк. *Геодинаміка*. № 2(27). 2019. С. 24-38. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.024>
8. Гавриленко О.П. Дослідження антропогенної трансформації сучасних ландшафтів України для цілей геоекоекологічного обґрунтування системи природоохоронних заходів. *Київський Національний університет ім. Т.Г. Шевченка. Вісник «Географія»*. Випуск 49, 2002. С. 12–15.
9. Гідроекологічний моніторинг водних екосистем з огляду на сучасні європейські напрямки у природоохоронній діяльності / А. М. Петрук // *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2013. Вип. 3. С. 24-34. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvsg_sg_2013_3_5
10. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України: монографія / В.К. Хільчевський, О.М. Гончар, М.Р. Забокрицька та ін.; за ред. В.К. Хільчевського та В.А. Сташука. Київ: Ніка-Центр, 2013. 256 с.
11. Геоекоекологія річково-басейнової системи верхнього Дністра: монографія / О.В. Пилипович, І.П. Ковальчук; за науковою ред. проф. І.П. Ковальчука. Львів-Київ: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. 284 с.

12. Гопчак І.В., Яцик А.В., Басюк Т.О. Методологія водогосподарсько-екологічного районування басейнів малих річок. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Технічні науки»*. Випуск 1(58). 2019. С. 14-22.

13. Гродзинський М. Д., Савицька О. В. Ландшафтознавство: навчальний посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр Київський університет, 2008. 319 с.

14. Дані державного моніторингу поверхневих вод. URL: <https://data.gov.ua/dataset/surface-water-monitoring>

15. Данько К. Ю. Руслові процеси та гідроморфологічна оцінка екологічного стану річок басейну Стиру : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.07 Київ, 2014.: 20 с.

16. Дністровське басейнове управління водних ресурсів. Державне агентство водних ресурсів України. <https://vodaif.gov.ua/vykorystannya-vodnyh-resursiv-v-basejni-dnistra/>

17. ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511

18. Екологічне оцінювання якості води річки Дністер / А. М. Шибанова, В. Д. Погребенник, О. П. Мітрясова, М. В. Руда, Е. А. Джумеля, М. М. Паславський. Науковий вісник НЛТУ України, Т. 31, № 5. 2021. С. 74-78. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2021/31_5/13.pdf

19. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод. Затверджено Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України № 485 від 24.12.2001. URL : http://www.uazakon.com/documents/date_8r/pg_izgvxm/index.htm

20. Інформація щодо територій та об'єктів природно-заповідного фонду України. Міністерство енергетики та захисту довкілля. URL: <https://menr.gov.ua/news/31512.html> (дата звернення: 28.10.2019 р.)

21. Залеський І. І., Бровко Г. І. Динаміка ерозійних екзогенно-геологічних процесів і басейні р. Стир. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. Вип. 6. Луцьк: РВВ «Вежа» ВНУ ім. Лесі Українки, 2009. С. 3–9.

22. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проєкту Плану управління річковим басейном Дністра (2025-2030). ТОВ «НВО «Укрекопроект». Київ. 2024. 184 с. https://davr.gov.ua/fls18/pl24/Dnister_SEO.pdf

23. Зигар Андрій Дослідження гідрогеологічного режиму природно-технічної геосистеми: на прикладі Дністровської ГАЕС. Наукові записки. Фізична географія. №1. 2024. С. 50-58. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.24.1.7>

24. Зуб Л. М., Томільцева А.І., Томченко О.В. Сучасна трансформація водозбірних басейнів лісостепових річок. *Екологічна безпека та природокористування*. К, 2015. Вип. 3 (19). С. 65–72.
25. Клименко М.О., Ліхо О.А., Вознюк Н.М. Шляхи покращення екологічного стану водних екосистем. *Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування*. 2007. Вип. 3(39). С. 64–70.
26. Коржик В.П. Вертикальні ландшафти – специфічна реальність середнього Подністер'я. *Журнал «Ландшафтознавство»*. 2024, 5(1). С. 15-21. DOI: [10.31652/2786-5665-2024-5-15-21](https://doi.org/10.31652/2786-5665-2024-5-15-21)
27. Лаврик О. Д. Л-13 Річкові ландшафтно-технічні системи: монографія. Умань : ВПЦ «Візаві», 2015. 301 с.
28. Ліхо О.А. Обґрунтування моніторингу антропогенних змін в басейнах малих річок: автореф. дис...канд. с/г. наук (06.01.02). Київ. 1998. 17 с.
29. Мандрик О.М., Охарєв В.О., Триснюк Т.В., Михайлюк Р.Й. Моніторинг забруднення басейну Дністра внаслідок підтоплень та інших надзвичайних ситуацій. *Екологічна безпека та природокористування*, № 3 (43), 2022. С. 35-42.
30. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / за заг. ред. В.Д. Романенко та ін. Київ: Символ-Т, 1998. 28 с.
31. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / ред. А.В. Яцик та ін. Київ : УНДІВЕП, 2007. 71 с.
32. Мольчак Я. О. Річки та їх басейни в умовах техногенезу / Мольчак Я. О., Герасимчук З.В., Мисковець І. Я. Луцьк. РВВ ЛДТУ, 2004. 336 с.
33. Мудра К.В. Основні характеристики водного режиму річок басейну Дністра в умовах змін клімату: дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2019. 259 с.
34. Мущинська В.І., Первачук М.В. Визначення джерел антропогенного впливу на басейн річки. *Екологічні проблеми сільського виробництва: зб. наукових праць Всеукр. наук.- практ. конф.* Вінниця, ВНАУ, 2016. 96-98 с.
35. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2023 р. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ. 2024. 438 с. <http://surl.li/xayorr>
36. Сапко О.Ю., Кур'янова С.О. Вплив антропогенних джерел забруднення на якість річки Дністер в межах України. *Екологічні науки* № 1(40). 2022. С. 23-27. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.4>
37. Теліш Павло Антропогенна трансформація території регіонального ландшафтного парку «Верхньодністровські Бескиди» та шляхи її зменшення. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. Вип. 48. 2014. С. 313–321.

38. Теліш П. С. Структура лісового фонду регіонального ландшафтного парку “Верхньодністровські Бескиди”, її антропогенна трансформація та способи поліпшення. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр.* 2013. Вип. 42. С. 342–349.
39. Третьак А.М. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів і сільськогосподарського землекористування / А.М. Третьак, А.Р. Третьак, М.І. Шквар. Київ : ВУААН. 2001. 15 с.
40. Український гідрометеорологічний центр. Режим доступу: http://dnister.meteo.gov.ua/ua/about_dnister
41. Хаєцький Г.С. Особливості парадинамічних процесів у функціонуванні водних і водно-болотних антропогенних ландшафтів з ландшафтами суміжних територій у Вінницькій області. Науковий часопис національного педагогічного університету ім. М. Драгоманова. Серія А. Географія і сучасність. Вип 17 (29). Київ. 2013 С. 105-113.
42. Хаєцький Г.С. Проблеми оптимізації водно-болотних антропогенних ландшафтів області. Львів, 2013. С. 124-127.
43. Царик Л.П. Природокористування та охорона природи у басейнах малих річок: монографія (видання друге доповнене і перероблене) / Л.П. Царик, П.Л. Царик, І.Р. Кузик, В.Л. Царик / за ред. проф. Царика Л.П. Тернопіль: СМП «Тайп», 2021. 162 с.
44. Шевчук В. М., Бурштинська Х. В. Методика моніторингу рік на урбанізованих територіях. Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів, 2011. Вип. 75. С. 73–82.
45. Шибанова А. М., Погребенник В. Д., Мітрясова О. П., Руда М. В., Джумеля Е. А., Паславський М. М. Екологічне оцінювання якості води річки Дністер. Науковий вісник НЛТУ України. 2021, т. 31, № 5. С. 74–78.
46. Шищенко П.Г. Принципи та методи ландшафтного аналізу в регіональному проектуванні: Монографія. Київ: Фітосоціоцентр, 1999. 284 с.
47. Янковська Л. В. Антропогенна трансформація геосистем Тернопільської області: Монографія. Тернопіль: ТНПУ, 2018. 86 с.
48. Brusak I., Tretyak K., Pronyshyn R. Preliminary studies of seismicity caused by the water level changes in Dnister upper reservoir. International conference of young professionals «geoterrace-2022», Lviv, Ukraine,. 2022. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590022>
49. Rybalova O., Artemiev S. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/10 (89), 2017. P. 67–76.
50. Trysnyuk V., Trysnyuk T., Okhariev V., Shumeiko V., Nikitin A. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. *Centrul Universitar Nord Din Bala Mare – UTPRESS*. №1, 2018. С. 61–67.