

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра екології

Допускається до захисту

«_____» _____ 2024 р.

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ

наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр

(рівень вищої освіти)

на тему: «Екологічна оцінка впливу скидання промислових стоків на стан водного середовища та заходи щодо його покращення»

Виконав: студент групи Еко-61

спеціальності 101 «Екологія»

Чарнош Євген Мар'янович

Керівник: Мар'яна ІВАНКІВ _____

Консультант: Іван ГОРОДЕЦЬКИЙ _____

Дубляни 2024

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
« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Чарношу Євгену Мар'яновичу

1. Тема роботи: **«Екологічна оцінка впливу скидання промислових стоків на стан водного середовища та заходи щодо його покращення»**

Затверджена наказом по університету № 632/к-с від “21” листопада 2023 р.

2. Термін здачі студентом закінченої кваліфікаційної роботи 02 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, фізико-географічна та кліматична характеристика району проведення досліджень, методики виконання досліджень

4. Перелік питань, які необхідно розробити (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів)

Вступ

1 Огляд літератури

1.1 Екологічні ризики для водних ресурсів в умовах науково-технічного прогресу

1.2 Вразливість ключових водокористувачів до скорочення запасів водних ресурсів

1.3 Систематизація забруднюючих агентів у промислових стоках і їх екологічні наслідки

1.4 Нормативно-правове регулювання якості води та скидів промислових стоків

2 Об'єкт, умови та методика досліджень

2.1 Природно-кліматична характеристика території дослідження

2.2 Теоретичні та методологічні аспекти оцінки екологічних ризиків забруднення водного середовища промисловими стоками

2.3 Очищення промислових стічних вод для охорони водних ресурсів

3 Результати дослідження

3.1 Формування якості води поверхневих водойм у контексті антропогенного навантаження

3.2 Аналіз екологічного стану водних об'єктів у зонах впливу промислових підприємств

3.3 Характеристика промислових підприємств Львівської області, що здійснюють скиди стічних вод

3.4 Результати моніторингу якості води та аналіз отриманих показників

3.5 Ступінь антропогенної трансформації ландшафтів як критерій оцінки впливу промислових стоків на водне середовище Львівської області

3.6 Оцінка ризиків скидання стічних вод та вплив кліматичних факторів на якість водних об'єктів

3.7 Заходи щодо покращення якості водних ресурсів в умовах промислового забруднення

4 Охорона праці та захист населення в умовах надзвичайних ситуацій

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

Сформувати список використаних джерел

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	Іванків М. Я. доцент кафедри екології			
4	Городецький І. М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва АПК			

7. Дата видачі завдання 14 жовтня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1	Написання вступу та розділу “Огляд літератури”	14.10.23– 28.03.24	
2	Написання розділу “Об’єкт, умови та методика досліджень”	29.03.24– 30.05.24	
3	Написання розділу “Результати досліджень”	31.05.24– 30.09.24	
4	Написання розділу “Охорона праці та захист населення в умовах надзвичайних ситуацій”, формулювання висновків, укладання бібліографічного списку	01.10.24– 02.12.24	

Студент _____ Євген ЧАРНОШ
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Мар’яна ІВАНКІВ
(підпис)

УДК 502.171:628.1

Екологічна оцінка впливу скидання промислових стоків на стан водного середовища та заходи щодо його покращення. Чарнош Є.М. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології. Львів-Дубляни, Львівський НУП, 2024.

79 ст. текст. част., 15 табл., 23 рис., 51 джерело

У роботі висвітлюються питання аналізу сучасного стану водних ресурсів Львівської області, зокрема річок Західний Буг, Дністер та їхніх приток, які зазнають значного антропогенного впливу через скиди промислових, сільськогосподарських і комунальних відходів. Проведено оцінку ефективності існуючих методів очищення стічних вод, їх фізико-хімічних та біологічних характеристик. Встановлено, що значна частина стоків містить наднормові концентрації важких металів і токсичних речовин, що суттєво впливає на екологічну стабільність регіону.

Зроблено акцент на проблемі зношеності очисних споруд (до 70%) та їх недостатньої ефективності. Окрему увагу приділено міжнародному аспекту забруднення транскордонних річок Західний Буг і Сян, що створює екологічні ризики для сусідніх країн.

Запропоновано впровадження сучасних технологій очищення, включаючи використання штучних нейронних мереж для оптимізації процесів та підвищення ефективності систем. Також обґрунтовано доцільність повторного використання очищених стоків як альтернативного джерела води.

Проаналізовано питання охорони праці та захисту населення.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Екологічні ризики для водних ресурсів в умовах науково-технічного прогресу	9
1.2 Вразливість ключових водокористувачів до скорочення запасів водних ресурсів	12
1.3 Систематизація забруднюючих агентів у промислових стоках і їх екологічні наслідки	14
1.4 Нормативно-правове регулювання якості води та скидів промислових стоків	19
2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	22
2.1 Природно-кліматична характеристика території дослідження	22
2.2 Теоретичні та методологічні аспекти оцінки екологічних ризиків забруднення водного середовища промисловими стоками	32
2.3 Очищення промислових стічних вод для охорони водних ресурсів	34
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	35
3.1 Формування якості води поверхневих водойм у контексті антропогенного навантаження	35
3.2 Аналіз екологічного стану водних об'єктів у зонах впливу промислових підприємств	41
3.3 Характеристика промислових підприємств Львівської області, що здійснюють скиди стічних вод.....	47
3.4 Результати моніторингу якості води та аналіз отриманих показників.....	49
3.5 Ступінь антропогенної трансформації ландшафтів як критерій оцінки впливу промислових стоків на водне середовище Львівської області.....	58
3.6 Оцінка ризиків скидання стічних вод та вплив кліматичних факторів на якість водних об'єктів	61
3.7 Заходи щодо покращення якості водних ресурсів в умовах промислового забруднення.....	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	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. На сьогодні більшість населення світу стикається з нестачею прісної води. Особливо актуальною стає проблема споживання води низької якості, адже з кожним роком посилюються труднощі, з якими природа не може впоратися швидко. Це стосується, зокрема, антропогенного впливу на водні ресурси та їх безповоротного використання. Вплив людської діяльності на водні ресурси в період науково-технічного розвитку стає дедалі потужнішим і глобальнішим. Промислові підприємства споживаючи великі обсяги води, причому деякі з них потребують її постійного надходження. З ростом потужності виробництв і впровадженням складних технологічних процесів спостерігається збільшення водоспоживання. Проблема водопостачання актуальна навіть для розвинених країн, де відпрацьовані води стають звичним явищем.

Сучасне українське суспільство не може обійтися без доступу до питної води, що стало невід'ємною частиною повсякденного життя. Централізовані системи водопостачання та водовідведення вже давно функціонують у містах, селищах та селах. Однак, зазвичай люди починають звертати увагу на якість води лише тоді, коли з кранів з'являється іржава або має неприємний запах хлору. При цьому, небагато хто задумується про те, які етапи проходить вода, перш ніж опинитися у наших домівках.

Цікаво, чи ви коли-небудь замислювались, що кожен раз, коли ви приймаєте душ, миєте посуд або перете білизну, ви робите свій внесок у зменшення запасів питної води у світі? Якість цієї води безпосередньо залежить від побутових стоків, які містять різноманітні засоби побутової хімії, а також від стічних вод промислових підприємств. Крім того, на стан води впливають ґрунтові води, забруднені хімікатами, що використовуються в сільському господарстві, а також ливневі стоки, які містять паливно-мастильні матеріали та багато інших забруднюючих елементів.

Природна вода має багатогранне значення, забезпечуючи не лише водопостачання, а й створюючи умови для життя різноманітних видів рослин і тварин. Водний кругообіг води у природі забезпечує умови, необхідні для

життя на Землі. Вода відіграє ключову роль у численних природних процесах і підтримці життєдіяльності людей.

Проблема забруднення водних об'єктів є однією з найважливіших екологічних викликів сучасності. Різні галузі промисловості, зокрема хімічна, металургійна, текстильна та харчова, значно впливають на якість водних ресурсів, скидаючи промислові стоки, які містять різноманітні шкідливі речовини. Ці забруднення не тільки погіршують якість води, але й становлять загрозу для здоров'я людей, екосистем та біорізноманіття.

Промислові скиди є одним із найпотужніших джерел забруднення водних об'єктів. Вони містять широкий спектр забруднювачів, представлені важкими металами, хімічними сполуками, токсичними речовинами та органічними забруднювачами, що часто характеризуються високою стійкістю до природного розкладання. Накопичення цих речовин у водних об'єктах знижує їхню якість, сприяє біоаккумуляції токсикантів в організмах та загрожує біорізноманіттю. Це порушує природний баланс екосистем і знижує здатність водойм до самоочищення.

Навіть якщо повністю зупинити скидання забруднюючих речовин у водойми, наслідки їх тривалого накопичення у водному середовищі, яке тривало десятиліттями чи навіть століттями, залишатимуться проблемою для наступних поколінь. Після того, як ці шкідливі речовини потрапляють у природу, їх надзвичайно важко повністю видалити та запобігти їх подальшому поширенню місць первинного використання.

В умовах зростання промислового виробництва та інтенсивного використання природних ресурсів важливим є розробка та впровадження заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу промислових стоків на водні об'єкти.

Мета і завдання дослідження. Основною метою проведення нашого дослідження було вивчення екологічного впливу скидання промислових стоків на стан водного середовища з метою оцінки впливу на якість води, стан водних екосистем та здоров'я населення, яке користується водними ресурсами. Це дозволить сформулювати рекомендації щодо оптимізації технологій очищення стоків та мінімізації їхнього негативного впливу на навколишнє середовище.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися завдання:

- проаналізувати основні джерела та види забруднення водних об'єктів промисловими стоками;
- охарактеризувати водний басейн головних річок Львівщини: Західного Бугу, Дністра та Сяну та їх основних забруднювачів;
- визначити вплив забруднень на екологічний стан водойм;
- провести оцінку якості води в обраних водних об'єктах;
- розробити рекомендації для промислових підприємств щодо мінімізації скидання шкідливих речовин;
- запропонувати заходи для покращення екологічного стану водного середовища.

Об'єкт дослідження – водне середовище, що зазнає впливу промислових стоків, їхній вплив на екосистему водойм, якість води.

Предмет дослідження – екологічні наслідки скидання промислових стоків у водне середовище, а саме їхній вплив на якість води, біологічні процеси у водоймах та потенційні загрози для здоров'я населення.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екологічні ризики для водних ресурсів в умовах науково-технічного прогресу

Вплив людської діяльності на водні ресурси в період науково-технічного розвитку стає дедалі потужнішим і глобальнішим. Розвиток промисловості, сільського господарства, транспорту й урбанізації сприяє зростанню забруднення та виснаженню водних ресурсів, впливаючи на їхню якість та кількість. Це стосується як поверхневих, так і підземних вод, котрі є важливими джерелами для питного водопостачання, зрошування сільськогосподарських культур та підтримання природних екосистем.

Науково-технічний прогрес стимулює розширення виробничих процесів, що супроводжується зростанням обсягів скидання стічних вод із шкідливими домішками – важкими металами, хімічними речовинами, органічними забруднювачами. Через недостатню або неефективну очистку стоків ці речовини потрапляють у водойми, змінюючи хімічний склад води та впливаючи на водні організми, флору і фауну. Забруднення вод спричиняє також кумулятивний ефект, оскільки шкідливі речовини накопичуються в організмах і по харчових ланцюгах передаються далі, загрожуючи не тільки окремим видам, а й цілісності екосистем.

Досліджено, що науково-технічний прогрес супроводжується збільшенням обсягу водозабору для потреб промисловості та сільського господарства, що може призводити до виснаження природних джерел води, зниження рівня ґрунтових вод та деградації водних екосистем. У багатьох регіонах світу надмірне водокористування вже викликає кризу водних ресурсів, що має серйозні соціально-економічні та екологічні наслідки.

Таким чином, вплив людської діяльності на водні ресурси в умовах науково-технічного прогресу є значним викликом, який потребує ефективних

рішень для забезпечення стійкого використання та збереження водних екосистем для майбутніх поколінь.

Ключовими чинниками, що сприяють зростанню навантаження на водні ресурси, є демографічні зміни та зростаючий рівень споживання, які супроводжуються підвищенням доходів на душу населення. Кількість жителів планети збільшується приблизно на 80 мільйонів щороку, що в свою чергу веде до зростання потреби у прісній воді майже на 64 мільярди кубометрів щорічно. Конкуренція за водні ресурси присутня на усіх рівнях і, за прогнозами, буде посилюватися із зростанням попиту на воду в більшості країн (рис. 1.1).

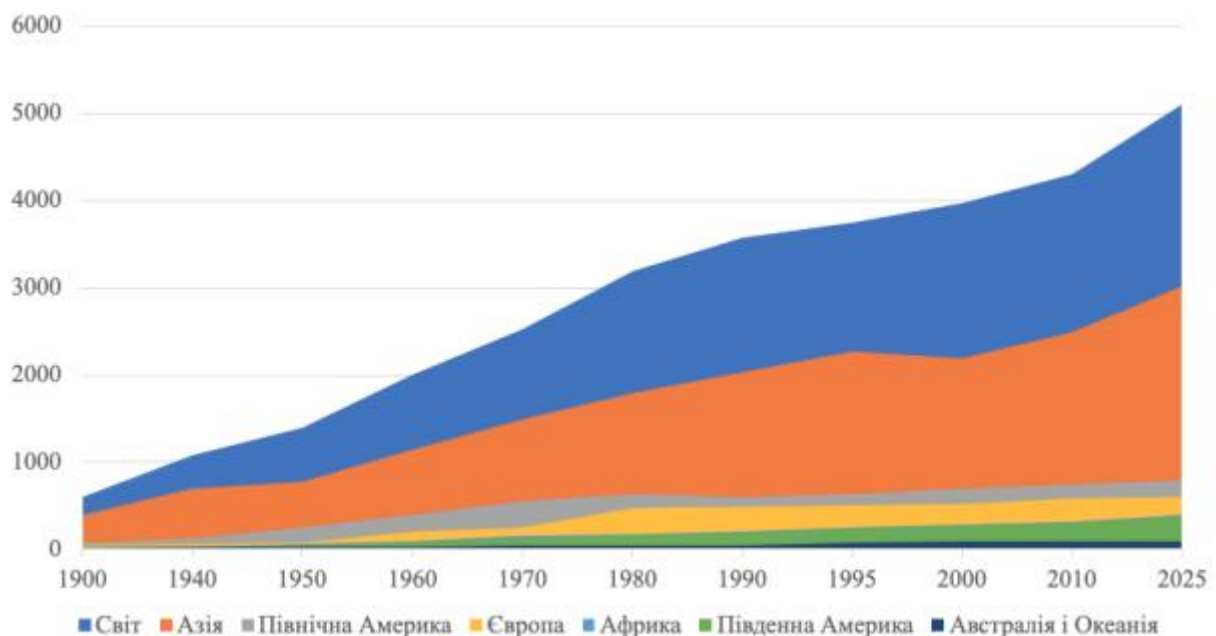


Рисунок 1.1 – Використання водних ресурсів у світі в 1900-2025 роках, млрд. м³ на рік [1]

Враховуючи прогнози, до 2030 року понад половина світового населення, а саме 47%, житиме у районах із дефіцитом водних ресурсів. Більша частина приросту населення припадатиме на країни, що розвиваються, передусім у регіонах, де вже спостерігаються проблеми зі водопостачанням, у зонах з обмеженим доступом до чистої питної води та належних санітарних умов. Це створюватиме додаткові виклики для

забезпечення водних ресурсів та підвищення рівня життєвих стандартів в таких районах.

Нестача води стає особливо відчутною на тлі стрімкого зростання населення та змін клімату. Згідно з доповіддю Світового банку [26], опублікованою у травні 2016 року, водний дефіцит, що посилюється кліматичними змінами, може призвести до втрат до 6% ВВП в окремих регіонах, спричинити міграцію населення та навіть збройні конфлікти.

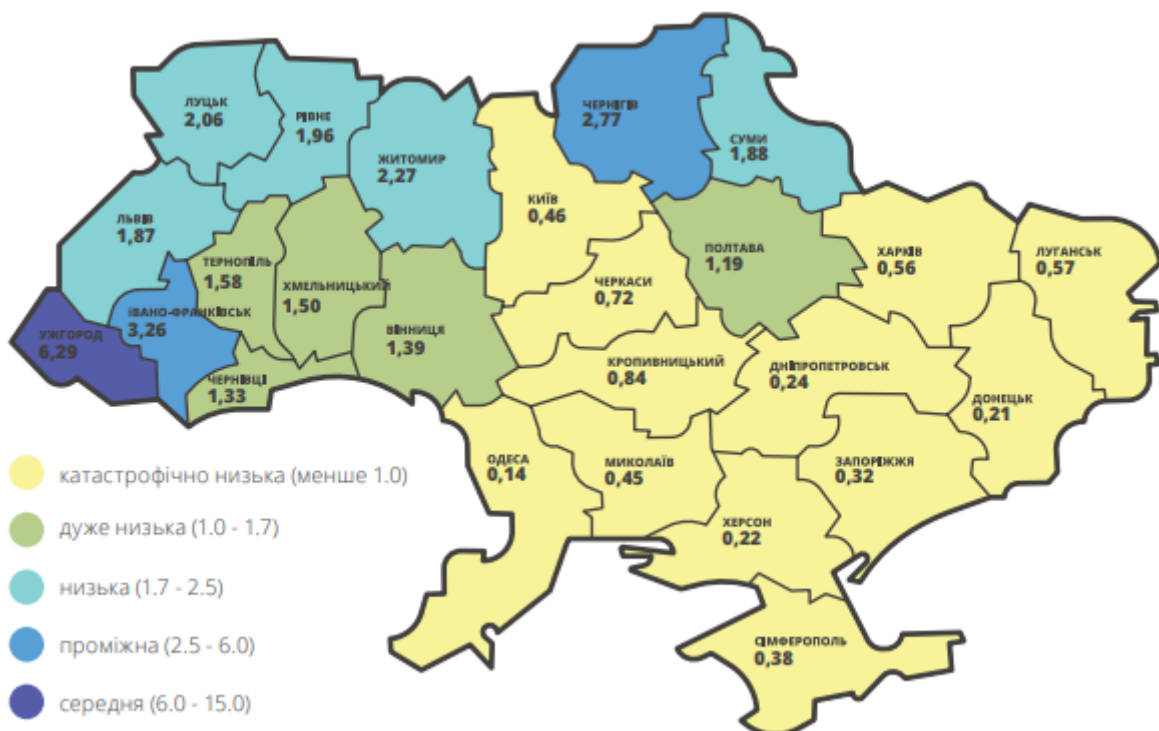


Рисунок 1.2 – Забезпеченість регіонів України місцевими водними ресурсами, тис. м³ /рік на одну людину (за Ромащенко) [31, 39]

Гідротермічний баланс річкових водозбірних басейнів є надзвичайно вразливим до змін клімату. Основною причиною глобального потепління є підвищення концентрації парникових газів, таких як вуглекислий газ, метан і оксид азоту, що утворюються внаслідок діяльності людини. Зростання температури повітря та зміна режиму опадів впливають не лише на гідрологічний стан річок, але і на загальні запаси водні ресурси. Кліматичні зміни сприяють частішим повеням та посухам, що підвищує ризики для

таких галузей, як сільське господарство, енергетика, транспорт та соціальна сфера, оскільки вони значною мірою залежать від наявності водних ресурсів.

Науково-технічний прогрес також сприяє зростанню міст та урбанізації, що потребує розвитку інфраструктури для забезпечення водопостачання. Однак багато систем водопостачання застаріли й не відповідають сучасним потребам. Старі водопроводи часто мають значні втрати води під час транспортування, що посилює дефіцит водних ресурсів. Крім того, зношеність інфраструктури підвищує ризик забруднення води, що транспортується до кінцевих споживачів.

Для забезпечення сталого управління водними ресурсами необхідно впроваджувати сучасні технології очищення стічних вод, модернізувати водопостачальну інфраструктуру, підвищувати ефективність водокористування та адаптуватися до змін клімату. Комплексний підхід до вирішення цих проблем дозволить зберегти водні ресурси для нинішніх і майбутніх поколінь, забезпечуючи екологічну та соціально-економічну стабільність.

1.2 Вразливість ключових водокористувачів до скорочення запасів водних ресурсів

В Україні до найбільших водокористувачів, які є особливо чутливими до змін водних ресурсів під впливом кліматичних змін, є промисловість, сільське господарство, енергетика, комунальний сектор та природні екосистеми. В умовах обмеженого доступу до води зростає конкуренція між галузями, що може призводити до економічних втрат і соціальних конфліктів.

В агропромисловому секторі зростання частоти та інтенсивності посух, періодів без дощів та інших несприятливих погодних умов веде до збільшення необхідності в зрошенні сільськогосподарських земель, роблячи аграрний сектор ще більш чутливим до зменшення обсягів водних ресурсів. Також інтенсивне використання добрив призводить до накопичення нітратів і

фосфатів у водоймах, що спричиняє евтрофікацію та негативно впливає на біорізноманіття.

Енергетична галузь споживає близько 70% усіх ресурсів, які використовуються промисловістю. Теплова й атомна енергетика інтенсивно застосовують воду для своїх виробничих потреб, а гідроенергетика повністю залежить від її наявності, й не функціонуватиме без неї [19].

Металургійна промисловість, де майже кожен етап виробничого процесу вимагає великих обсягів води, створює зони інтенсивного водоспоживання. Тому області, де зосереджені великі металургійні підприємства, характеризуються високим рівнем споживання води та значним впливом на водойми.

Гірничозбагачувальна галузь є однією з найбільш водозалежних підприємств, оскільки їхня діяльність передбачає значне споживання води для збагачення корисних копалин, охолодження обладнання, промивання порід та інших технологічних процесів. Функціонування гірничозбагачувальних комбінатів супроводжується утворенням значної кількості промислових відходів, які негативно впливають на стан навколишнього середовища. Однією з причин такого впливу є зношеність інфраструктури та застаріле обладнання, ступінь зносу якого на деяких підприємствах досягає 70% [3, 36].

Зниження рівня водних ресурсів у річках та інших водних об'єктах істотно позначається на роботі водного транспорту.

Кліматичні зміни, зокрема зміни температурного режимів, в поєднанні з падінням рівня води в річках та водно-болотних угіддях може значно вплинути на природну іхтіофауну, що, у свою чергу, позначиться на рибному господарстві.

Комунальне господарство, подібно до промисловості та сільського господарства, є значним споживачем водних ресурсів. Скорочення запасів води матиме вплив не тільки на діяльність економічних секторів, але й може обмежити постачання води для населення. В Україні 80% питного водопостачання забезпечується з поверхневих джерел, які не мають належного

захисту від техногенного забруднення, а в деяких регіонах цей показник наближається до 100% [1].

Наведені галузі є найбільш уразливими до скорочення водних ресурсів і потребують пріоритетного впровадження адаптаційних заходів та новітніх технологій для забезпечення стабільної роботи в умовах зміни клімату. Вразливість основних споживачів води також зростає через значні втрати води під час транспортування (що обумовлено зношеністю інфраструктури), а також через погіршення якості води, яке спричиняється як антропогенними, так і природними факторами.

1.3 Систематизація забруднюючих агентів у промислових стоках і їх екологічні наслідки

В умовах сучасного промислового виробництва, де темпи індустріалізації та урбанізації постійно зростають, питання забруднення водою стає надзвичайно актуальним. Чимало виробничих процесів супроводжуються скиданням забруднених вод у природні водойми.

Система відведення води на промислових підприємствах призначена для відведення води, яка через технологічні процеси та промислові забруднення перетворюється на стічні води. Перед тим як бути використаними повторно або скинутими за межі підприємства, ці води проходять процес очищення. Після використання у виробничих процесах вода змінює свої початкові властивості через забруднення або нагрівання, внаслідок чого втрачає первісні властивості, стаючи непридатною для подальшого застосування, тобто перетворюючись на **виробничі стічні води (промислові стоки)**.

Води класифікують на природні та стічні, причому кожен з цих типів має свою подальшу категоризацію (рис. 1.3).

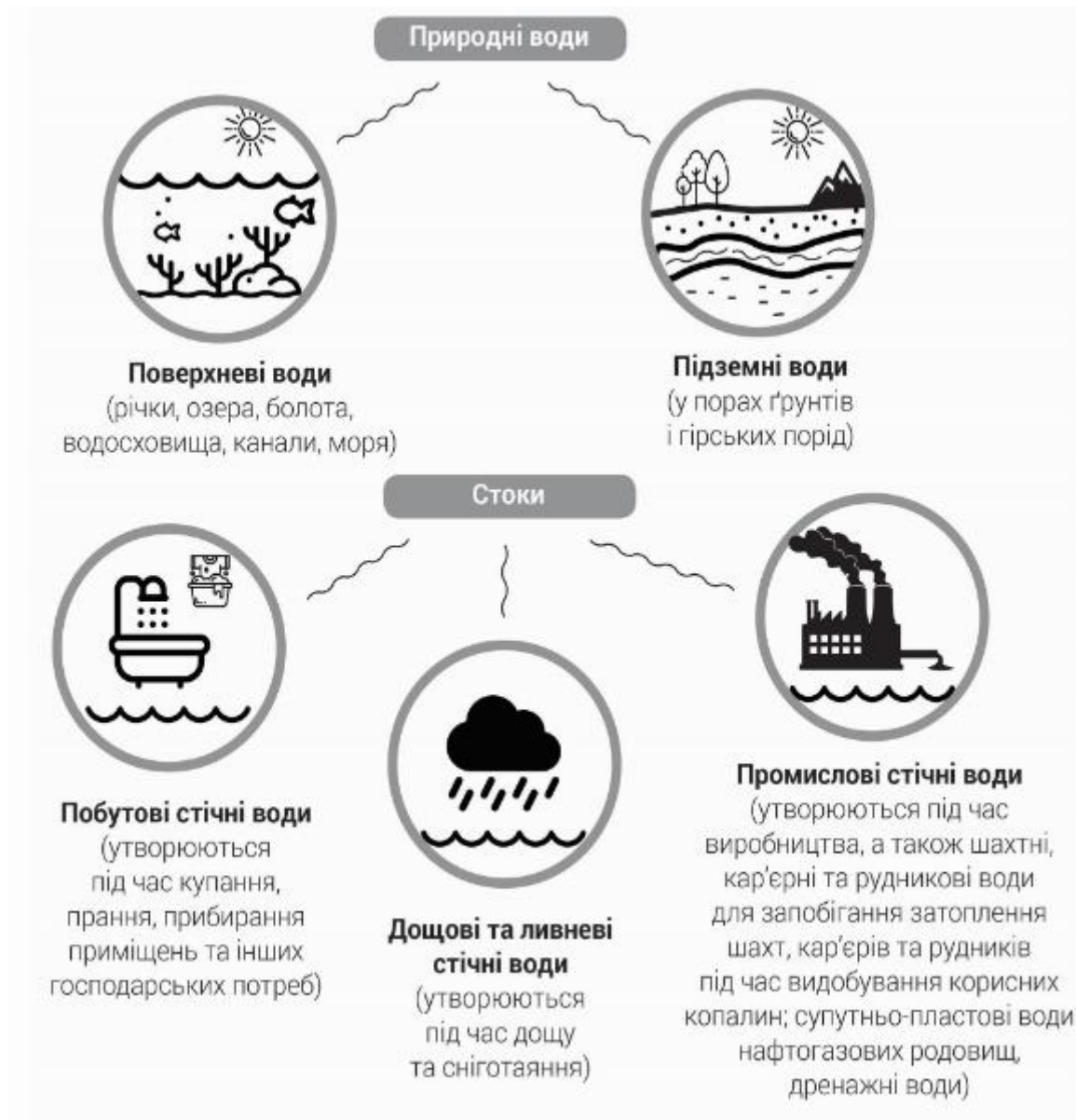


Рисунок 1.3 – Класифікація вод [35]

Таким чином, промислові скиди – це водні відходи, які утворюються в процесі промислового виробництва і містять різні хімічні, біологічні або фізичні забруднювачі. Їхній склад і концентрація забруднюючих речовин залежать від типу промислового процесу, використовуваних сировинних матеріалів і технологічних особливостей виробництва. Важливо відзначити, що на відміну від побутових стоків, промислові стоки часто містять специфічні токсичні речовини, такі як важкі метали, органічні токсиканти і радіоактивні матеріали. Саме тому, важливим є не лише розуміння складу скидів, а й оцінка їхнього впливу на біологічні процеси у водних екосистемах.

Сучасна тенденція демонструє стале зниження ефективності функціонування очисних споруд. Це явище пояснюється зношеністю обладнання, його застарілим технологічним рівнем, високою енергозалежністю, а також появою нових хімічних забруднювачів, для видалення яких поки що не розроблено відповідних технологій очищення.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика стічних вод промислових підприємств [26]

Вид стічних вод	Категорія стічних вод	Джерело походження
Виробничі	Умовно-чисті	1. Системи охолодження; 2. Конденсати чисті; 3. Гідротранспорт
	Малозабруднені (малоконцентровані, слабokonцентровані, низькоконцентровані)	1. Промивка та полоскання продукції; 2. Зневоднення продукції та сировини; 3. Конденсати технологічних процесів; 4. Очищення твердих та газоподібних відходів; 5. Мийка обладнання та транспорту; 6. Мийка виробничих приміщень
	Сильнозабруднені (сильноконцентровані, висококцентровані, концентрати)	1. Злив відпрацьованих розчинів, маточників та кубових залишків; 2. Установки водопідготовки (елюати) і очищення стоків (рідкі відходи)
Поверхневі стічні води	Талі	1. Територія підприємництва; 2. Дахи адміністративних та виробничих будівель
	Дощові	Те ж саме
	Поливочні	Мийка території підприємства
Господарсько-побутові стічні води		1. Санвузли адміністративних та виробничих будівель; 2. Душові; 3. Харчові блоки; 4. Пральні

Промислові стоки класифікуються за їхнім хімічним складом (органічні та неорганічні), токсичністю та фізико-хімічними характеристиками, такими як рН, температура і осмотичний тиск. Така класифікація дозволяє точніше оцінити екологічний вплив різних видів скидів і розробити відповідні методи для їхньої обробки та нейтралізації. Наприклад, металургійні скиди зазвичай містять важкі метали, тоді як текстильні підприємства генерують відходи з високим вмістом барвників і поверхнево-активних речовин [17].

Фізичні забруднювачі, такі як завислі частки (пісок, глина, металеві частинки та пластик) або температурні зміни, можуть порушувати екосистеми водойм. Завислі частки, які є типовими для видобувної, металургійної та харчової промисловості, можуть осідати на дні водойм, підвищуючи каламутність води, ускладнюючи фотосинтез водних рослин. Отже, порушуючи умови для розвитку донної флори і фауни.

Температурне забруднення, що виникає при скиді теплих вод з енергетичних підприємств, знижує рівень кисню у воді та створює термічний стрес для водних організмів. Крім того, енергетичні підприємства можуть скидати у воду хімічні речовини, такі як продукти згоряння, що додатково погіршує якість водного середовища. Вплив термічного забруднення особливо помітний в літні місяці, коли підвищення температури води може спричиняти масовий мор риби [20].

Хімічні забруднювачі є основним компонентом промислових стоків і можуть включати широкий спектр сполук, таких як важкі метали, органічні речовини, кислотно-лужні компоненти, радіоактивні речовини та токсичні гази. Важкі метали, зокрема свинець, кадмій, ртуть і мідь, часто потрапляють у водні об'єкти зі стоків металургійних і гірничодобувних підприємств. Вони є токсичними навіть у низьких концентраціях (характеризуються канцерогенними та мутагенними властивостями), накопичуються в організмах через біоаккумуляцію та мають тенденцію до біомагніфікації у харчових ланцюгах. Особливістю важких металів (належать до I-II класу небезпеки) є те, що вони не піддаються природним механізмам самоочищення. Натомість вони лише перерозподілятимуться між різними елементами екосистеми, вступаючи у взаємодію з біотою та завдаючи значної шкоди навколишньому середовищу.

Органічні речовини, такі як нафтові продукти, феноли, поверхнево-активні речовини (ПАР) і пестициди, є типовими забруднювачами, що походять

з нафтохімічної та сільськогосподарської промисловості. Вони можуть викликати токсичні ефекти у водних організмів і порушувати природні процеси у водоймах. З'ясовано, що одна тона нафти утворюватиме плівку на поверхні води площею близько 12 км², а щороку до морів та океанів потрапляє майже 9 млн тонн нафти [1, 27]. Нафтопродукти є надзвичайно токсичними, характеризуються низькою швидкістю окислення у водному середовищі та практично не розкладаються при температурі 10°C. Забруднені нафтою водойми втрачають свою рибогосподарську цінність.

Навіть якщо концентрація нафти у воді перевищує гранично допустимі норми в 5–10 разів, це вже спричиняє загибель ембріонів риб, кормових організмів, таких як дафній та молюски, а також створює неприємний запах. Для птахів пляма нафти розміром лише 2–3 см на грудях може стати фатальною. Риби та кормові організми здатні накопичувати вуглеводні нафти у своїх тканинах, які можуть перетворюватися на канцерогени. Ці сполуки передаються по харчовому ланцюгу, потрапляючи зрештою в організм людини.

Кислотно-лужні забруднювачі, характерні для підприємств хімічної промисловості, можуть змінювати рН води, що, в свою чергу, знищує місцеву біоту та впливає на розчинність інших токсичних сполук. Через їхню здатність до тривалого накопичення і руйнівний вплив на водні екосистеми хімічні забруднювачі є одними з найнебезпечніших [33, 34, 35].

У процесі виробництва паперу й картону використовуються великі об'єми води, яка виводиться назад у водні об'єкти з різними забруднюючими речовинами, включаючи органічні сполуки, зважені тверді частки, біологічно розчинні речовини, хлорорганічні сполуки (якщо застосовуються методи відбілювання з хлором). Такі стоки підвищують біологічне та хімічне споживання кисню, що призводить до евтрофікації водойм та порушення біологічного балансу.

Залишкові активні фармацевтичні речовини, гормони, антибіотики та антисептики фармацевтичної та медичної промисловості потрапляють у стоки, що може викликати резистентність бактерій і порушення життєвих функцій у водних організмів.

Біологічні забруднювачі включають патогенні мікроорганізми, бактерії, віруси, а також інвазивні види. Джерелом таких забруднювачів є промислові стоки, зокрема від харчової та фармацевтичної промисловості, а також від виробництв, що використовують біологічні матеріали. Патогенні мікроорганізми,

такі як бактерії роду *Salmonella*, *E. coli*, *Legionella* та інші, можуть потрапляти у водне середовище і становити загрозу для здоров'я людей та тварин [2].

Інвазивні види, які можуть бути перенесені у водні об'єкти разом із промисловими скидами, спричиняють значні екологічні проблеми, витісняючи місцеві види та порушуючи баланс екосистем. Біологічні забруднювачі є особливо небезпечними для громадського здоров'я, адже можуть викликати спалахи захворювань, пов'язаних з водою, і змінювати біологічну різноманітність водних об'єктів.

Промислові стоки можуть містити мікропластик, який поступово накопичується у водному середовищі. Мікропластик стає частиною харчових ланцюгів, що становить загрозу для здоров'я водних організмів і зрештою може вплинути на людину через біомагніфікацію.

Кожна з категорій забруднювачів потребує специфічних методів оцінки, очищення та нормативного регулювання для мінімізації негативних наслідків для екосистем та здоров'я людей. Важливо також зазначити, що інтеграція цих підходів в екологічну політику може суттєво зменшити екологічні ризики, пов'язані з промисловими скидами, і забезпечити стійке управління водними ресурсами.

1.4 Нормативно-правове регулювання якості води та скидів промислових стоків

Питання охорони водних ресурсів від забруднення є ключовим завданням міжнародних екологічних програм та угод, таких як Цілі сталого розвитку ООН, зокрема Ціль 6 – «Чиста вода і належна санітарія» – включає 8 завдань. Європейський Союз, до якого прагне інтегруватися Україна, також встановлює жорсткі норми щодо якості водних ресурсів, такі як Рамкова водна директива [5, 7, 14, 17, 18, 21, 28]. Виконання цих стандартів потребує розробки ефективних підходів до оцінки та контролю за промисловими скидами.

В Україні нормативно-правове регулювання якості води базується на ряді законодавчих актів, які мають на меті охорону водних ресурсів і забезпечення їх сталого використання. Основним законодавчим документом у цій сфері є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», який визначає загальні принципи охорони довкілля, включаючи водні ресурси, Вимоги до

скидання виробничих стічних вод у водойми регламентується «Правилами охорони поверхневих вод у водойми від забруднення стічними водами» [30, 32, 35].

Закон акцентує увагу на необхідності забезпечення екологічної безпеки, збереження природних водних об'єктів, а також запобігання забрудненню води.

Ключовим чинником, що став поштовхом до інтеграції управління водними ресурсами, стало підписання Закону України «Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії та їхніми державами-членами» (від 16.09.2014 р. № 1678-VII) [2, 37]. Відповідно до цього, 2017 рік став важливим етапом, коли набуття чинності цією угодою стало сигналом до змін у системі управління водними ресурсами (рис. 1.4).

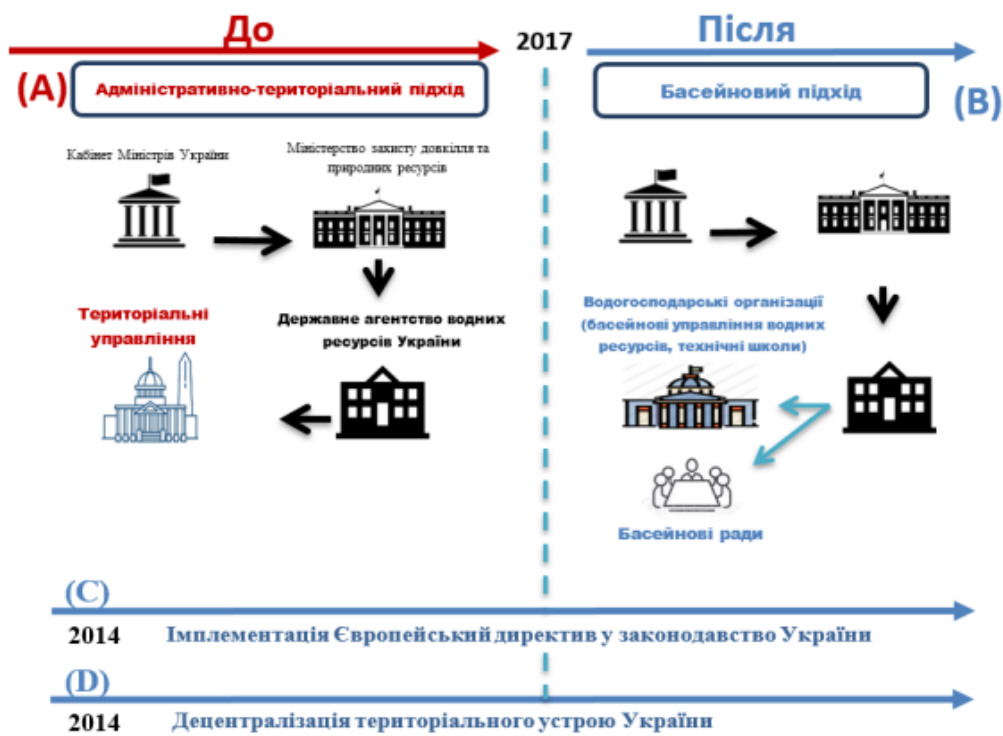


Рисунок 1.4 – Динаміка керування водними ресурсами в Україні: від адміністративно-територіального до басейнового принципу (розроблено В.П. Строкаль) [26]

На державному рівні було затверджено стратегічний документ – «Водну стратегію України на період до 2050 року», що визначає пріоритети у сфері водного менеджменту.

Крім того, важливими документами є **Закон України «Про водний фонд»** та **Закон України «Про екологічну експертизу»**, які встановлюють правила використання водних ресурсів та здійснення контролю за якістю води.

Згідно з цими законами, усі підприємства, які здійснюють скиди стічних вод, зобов'язані отримувати дозволи на викиди, що містять вимоги до максимально допустимих концентрацій забруднюючих речовин [21].

На міжнародному рівні важливу роль у регулюванні якості води та скидів промислових стоків відіграють угоди та директиви, прийняті в рамках Європейського Союзу. Однією з ключових ініціатив є **Директива ЄС про води**, яка визначає вимоги до якості води, стосовно захисту водних об'єктів, запобігання забрудненню та забезпечення відновлення водних екосистем. Ця директива передбачає проведення регулярного моніторингу якості води, а також реалізацію програм з охорони водних ресурсів [5, 7].

Значну роль у контролі за якістю води та скидів промислових стоків відіграє також система стандартів, зокрема національні стандарти, що визначають методи вимірювання забруднюючих речовин у воді, а також гранично допустимі концентрації для різних типів забруднювачів. В Україні ці стандарти затверджуються **Державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики** і відповідають міжнародним нормам [4, 5, 6, 7, 14, 18, 21, 44].

Конституція України (статті 16, 50) проголошує зобов'язання держави гарантувати екологічну безпеку та право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля. З метою реалізації цих конституційних положень законодавство України (Водний кодекс України, Кодекс України про надра, Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», «Про стратегічну екологічну оцінку») покликано створити механізми забезпечення належної якості води, яка призначена для споживання.

Однак, незважаючи на існуюче законодавство, в Україні спостерігається проблема недостатньої ефективності його реалізації. Часто відсутні належні механізми контролю за дотриманням норм, що призводить до випадків порушення правил скиду стічних вод. Це свідчить про необхідність посилення моніторингу, підвищення відповідальності підприємств та запровадження нових технологій очищення стічних вод.

2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Природно-кліматична характеристика території дослідження

Львівська область є унікальним регіоном у західній частині України з високою концентрацією промислових, аграрних та енергетичних підприємств, що робить її однією з ключових екологічно напружених зон країни.

Область займає площу 21,8 тис. км² і межує з Польщею, що зумовлює стратегічне значення в контексті транскордонного екологічного співробітництва та впливу промислових скидів на міжнародний рівень. Відповідно до цього, вивчення екологічного стану водних об'єктів та впливу промислових скидів у Львівській області є важливим як для України, а й для сусідніх держав, які користуються спільними водними ресурсами.

Львівська область розташована на південно-західному краю Східноєвропейської рівнини та західній частині північного макросхилу Українських Карпат. На заході область межує з Республікою Польща, на півночі – з Волинською областю, на північному сході – з Рівненською, на сході – з Тернопільською, на південному сході – з Івано-Франківською, а на півдні – із Закарпатською областями (рис. 2.1).

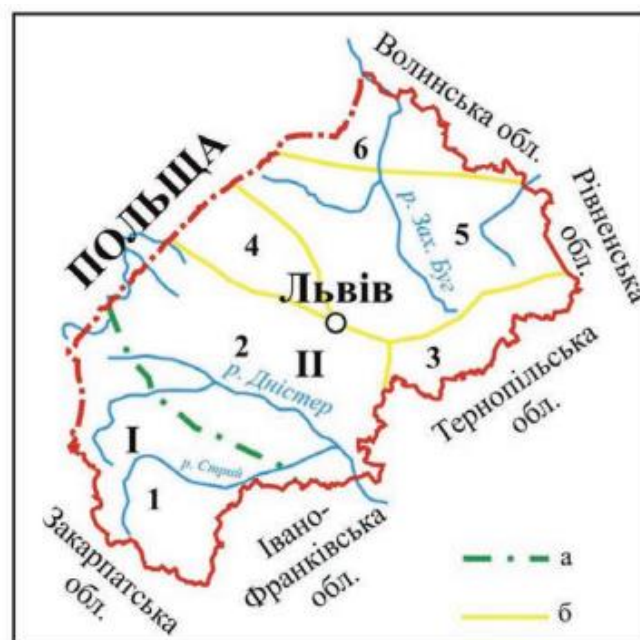


Рисунок 2.1 – Геоботанічне районування Львівської області (розроблено Дідух, Шеляг-Сосонко) [11, 22]

Територія області поділяється на п'ять природних районів: на півдні розташовані гірські Карпати, до яких примикає Передкарпатська височина; в центральній частині знаходиться Подільська височина (плато); на півночі – Мале Полісся та Волинська височина.

Львівська область розташована в лісостеповій зоні з помірно континентальним кліматом, який характеризується м'якими зимами, теплим літом та середньорічною кількістю опадів у межах 650–900 мм. Такі кліматичні умови сприяють формуванню розгалуженої річкової мережі.

Згідно з архітектурно-будівельним кліматичним зонуванням України, визначеним у ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», Львівська область належать до – **I Північно-західного району та III кліматичного району – Українські Карпати**, зокрема до підрайону **IIIА – Карпатського**, що зображено на рис. 2.2.

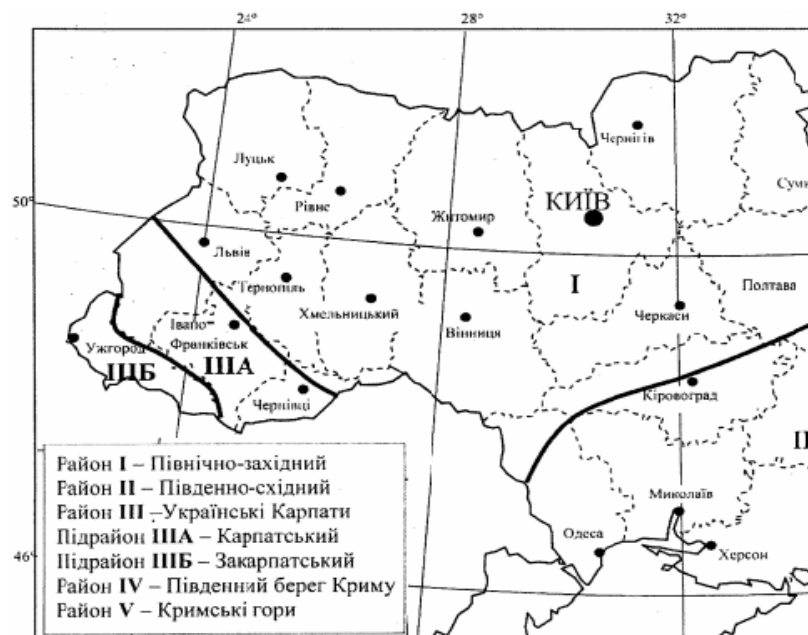


Рисунок 2.2 – Карта кліматичного районування України відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [25]

Клімат району формується під впливом таких чинників: географічне розташування в зоні помірного клімату в центрі Східноєвропейської рівнини, що сприяє вільному проникненню теплових і холодних повітряних мас; а також вплив атлантичних і середземноморських циклонів, які забезпечують відносно м'які зими з вищими температурами і високий рівень атмосферних опадів.

Метеорологічні зміни суттєво впливають на водний режим малих річок, визначаючи їх водність, санітарний стан русел і якість води. Основними атмосферними центрами, що впливають на переміщення повітряних мас у цьому регіоні, представлені Азорським і Сибірським антициклоном, а також Ісландським циклоном. У зимовий період активність цих атмосферних систем значно зростає, впливаючи на погодні умови та кліматичні показники області [10]. Додатковим фактором, що формує кліматичні особливості регіону (рис. 2.3), є локальна модифікація циркуляції повітряних мас, яка зумовлена специфічними географічними умовами Львівщини. Ці фактори разом впливають на динаміку гідрологічних процесів і якість водних ресурсів.

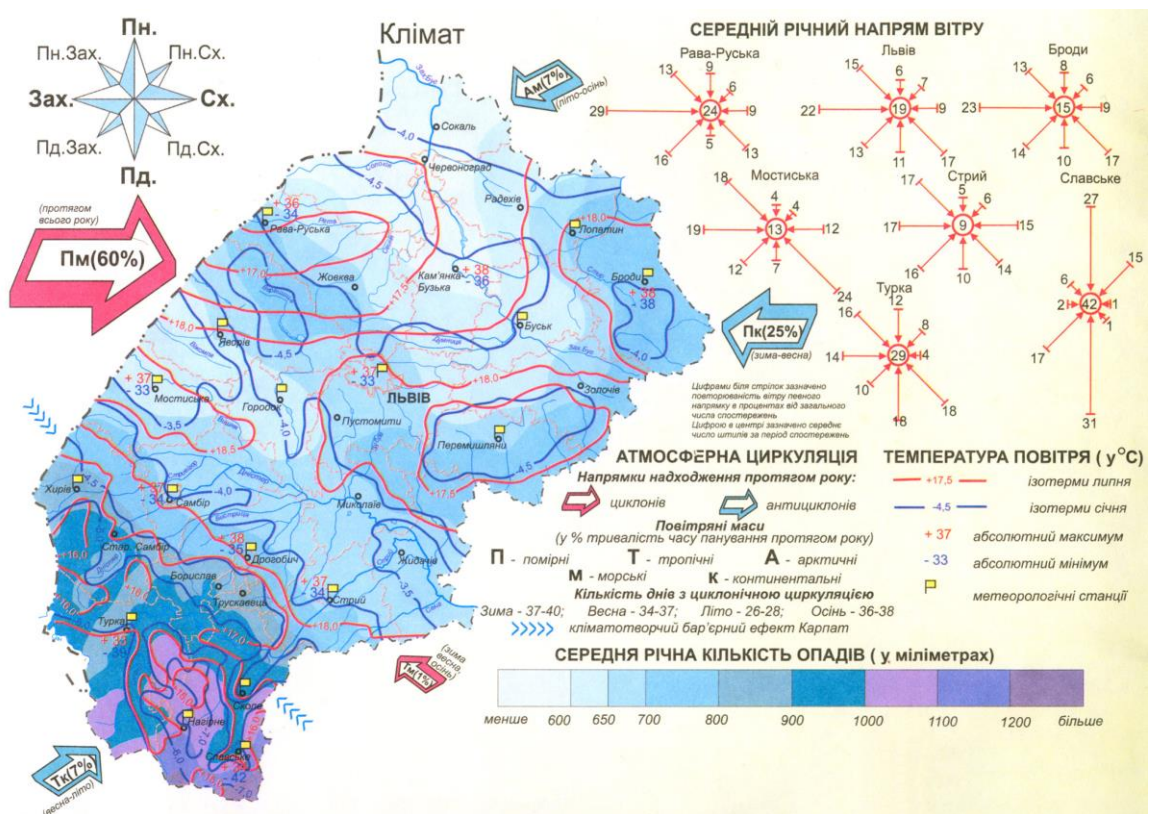


Рисунок 2.3 – Карта клімату Львівської області [15]

На досліджуваній території переважають західні вітри, тоді як північно-східні трапляються рідко. Літніми місяцями домінують західні та північно-західні вітри. Середня річна швидкість вітру становить 12,6 км/год.

Регіон розташований у перехідній зоні між помірно теплим європейсько-західним кліматом і помірно континентальним європейсько-східним. За рік випаровується близько 560 мм вологи, для чого витрачається понад 30 ккал/см².

Рельєф території тісно пов'язаний із її геолого-тектонічною будовою. Значне вертикальне розчленування сприяє накопичення підземних вод у річкових долинах та на схилах пагорбів. Комплекс геологічних відкладів, що різняться за складом і віком, формує на цій території декілька водоносних горизонтів, які відрізняються запасами води та хімічним складом. Зокрема, геологічну структуру характеризують переважанням пісковиків, глинистих сланців і мергелів.

Рельєф області, зокрема наявність карпатських гірських районів, передгірських височин та рівнинних зон, зумовлює різноманітність гідрологічних умов. Інтенсивне вертикальне розчленування рельєфу в гірських районах сприяє активному стоку дощових і талих вод, що збільшує швидкість транспортування забруднюючих речовин. Натомість рівнинні території характеризуються більш сповільненим стоком, що може сприяти акумуляції забруднень у водоймах.

Гідрогеологічні умови області визначаються наявністю різновікових і різнотипних водоносних горизонтів, які забезпечують як поверхневе, так і підземне живлення річок. Це особливо важливо для оцінки впливу промислових стоків, оскільки їх проникнення може суттєво змінити хімічний склад підземних вод і вплинути на якість питного водопостачання.

Територією Львівської області проходить Головний Європейський вододіл, що визначає розподіл водних потоків. Саме тут беруть початок такі великі річки, як Дністер і Західний Буг. У межах області виділяють чотири основні водні басейни: Західного Бугу, Сяну, Дністра та Дніпра. Найбільша кількістю річок належить до басейнів Дністра (5838 річок) та Західного Бугу (3213 річок).

Серед усіх річок області 97% (8756) мають довжину до 10 км; 176 річок протяжністю від 10 до 50 км; 16 річок – 50–100 км; і лише три річки перевищують 100 км – це Дністер, Стрий та Західний Буг [13, 15].

На основі актуальних даних Львівського обласного управління водних ресурсів, до великих річок регіону належить Дністер, довжина якого на території області становить 207 км, а площа його водозбору перевищує 50 тис. км². Середні річки, площа басейнів яких варіюється від 2 до 50 тис. км², включають Західний Буг (довжина в області – 202 км), Стрий, Серет, Сян, Іква та Стир.

Малі річки та струмки з басейнами до 2 тис. км² нараховують 240 одиниць із загальною довжиною 4713,75 км (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика річок на території області [13, 15]

№ з.п	Назва річки	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, шт	Кількість гребель (водосховищ), шт.	Кількість магістральних трубопроводів через річку, шт.			Кількість мостів через річки, шт.	
					газо-	нафто-	продукто	автодор.	залізнич.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Великі річки									
1	Дністер	207	66	2	17	3	3	28	5
	Усього	207	66	2	17	3	3	28	5
Середні річки									
1	Західний Буг	184	43	2	3	3	–	21	4
2	Стрий	232	50	–	10	5	1	2	7
3	Серет	5	1	–	–	–	–	–	–
4	Сан	56	2	–	Річка прикордонна				
5	Іква	16,6	6	–	1	1	–	–	–
6	Стир	66,8	13	–	2	1	–	5	–
	Усього	560,4	115	2	16	10	1	54	11

Таким чином, основними водними артеріями регіону є річки Західного Бугу, Дністра та Сяну, басейни яких відіграють важливу роль із забезпечення населення та промисловості водними ресурсами. Водночас ці річки є головними приймачами стічних вод. Значний антропогенний вплив зумовлений тим, що багато підприємств області розташовані поблизу річкових берегів, що спрощує процес скиду стічних вод, але водночас сприяє накопиченню

забруднюючих речовин у водних об'єктах, що призводить до накопичення забруднюючих речовин у водоймах та створює екологічні ризики.

Дністер, як головна водна артерія західної частини України, охоплює басейн, що включає 7 областей України (Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Одеська) і значну частину Молдови. Загальна протяжність річки складає 1352 км, з яких 912 км припадають на територію України, включаючи 225 км прикордонного русла з Молдовою. Площа басейну Дністра становить 72900 км², з яких 53490 км² знаходяться в межах України. Річка впадає в Дністровський лиман, довжина якого сягає 57 км, а ширина коливається між 4 і 6 км [15].

Західний Буг, притока другого порядку річки Вісла, має басейн площею 6075 км² (табл. 2.2). Його загальна довжина складає 772 км, з яких 404 км протікають через територію України.

Таблиця 2.2 – Морфометричні характеристики басейну р. Західний Буг територією України, Польщі та Білорусії [10]

Країна / всього	Довжина річки в межах країни / всього, км	Питома частка країни у загальній довжині річки, %	Площа басейну в межах країни / всього, км ²	Питома частка країни у загальній площі басейну, %
Україна	404 (220*)	52 (28**)	11205	28
Республіка Польща	214	28	17815	46
Білорусь	154	20	10400	26
Західний Буг в межах трьох країн	772	100	39420	100

Примітка: * – прикордонна ділянка між Україною та Польщею;

** – прикордонна ділянка між Білоруссю та Польщею.

Серед великих річок у басейні Західного Бугу, відповідно до типології Водної рамкової директиви ЄС, виокремлюють Полтву (60 км, площа

водозбору – 1440 км²), Рату (76 км, площа водозбору – 1820 км²) і Лугу (89,1 км, площа водозбору – 1351,4 км²) [2, 34, 46].

Полтва, яка є лівою притокою Західного Бугу, відіграє важливу роль як транскордонна водна артерія. Її басейн охоплює площу 1474 км², а довжина річки становить 60 км. Полтва бере початок у межах Львова, має 55 приток, з яких 7 перевищують 10 км за довжиною. Річка слугує колектором для дренажних і стічних вод, які після очищення спрямовуються до Західного Бугу.

Загальна густота річкової мережі Львівщини становить 0,75 км/км², що свідчить про високу вологість регіону та сприятливі умови для утворення річкового стоку. У басейні Західного Бугу густота річок досягає 0,35 км/км², тоді як у басейні Дністра цей показник змінюється: 0,7 км/км² на Передкарпатті та 1,0 км/км² у Карпатах (рис. 2.4).

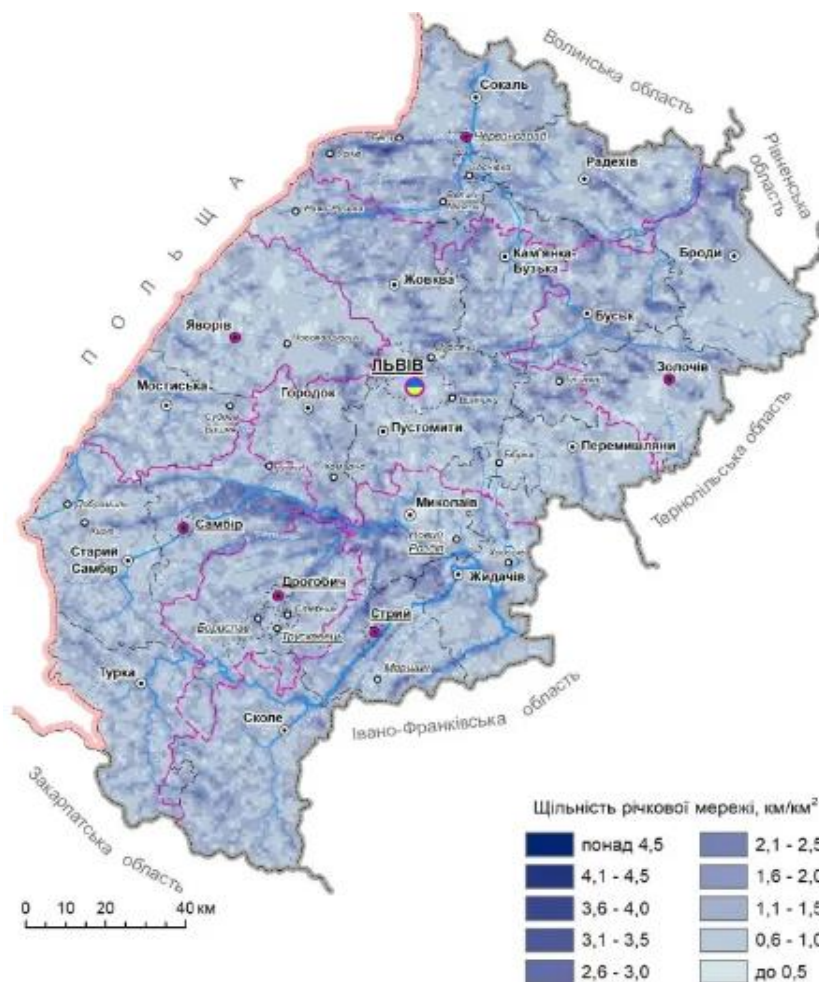


Рисунок 2.4 – Карта густоти річкової мережі в Львівській області [15]

Дослідження, проведені науковцями І.М. Волошиним, О.С. Галасьом, О.І. Шаблій, Б.П. Мухую, А.В. Гуриним та М.В. Зінкевичем, свідчать про те, що

гідрологічні умови Львівської області характеризуються значною різноманітністю та контрастністю. Формування та протікання річок у цьому регіоні відбувається в умовах, які мають відмінні тектонічні, геологічні, гіпсометричні та кліматичні характеристики, що обумовлює їхні унікальні властивості та особливості течії [8, 26, 37 41, 46].



Рисунок 2.5 – Карта гідрологічного районування Львівської області (розподілу річок по басейнах в межах області) [15]

Для річок рівнинного типу основним джерелом живлення є дощові опади, які забезпечують близько 50% від загального обсягу. Снігове танення становить

37%, а підземні джерела – 13%. У гірських річках переважає снігове живлення, яке складає 50%, дощове – 44%, а підземні джерела забезпечують лише 6% загального обсягу водопостачання.

Гідрогеологічні умови Львівщини створюють сприятливе середовище для формування підземних вод, зокрема наявністю Головного європейського вододілу, значною кількістю опадів, вираженим вертикальним розчленуванням рельєфу та різноманітням геологічних відкладів за віком і складом.

Згідно з державним балансом водних ресурсів, у Львівській області виявлено 94 ділянки з запасами прісних підземних вод, загальний обсяг яких становить 1327 тис. м³/добу за категоріями А+В+С1. Також тут знаходяться 24 ділянки з мінеральними водами, запаси яких оцінюються в 1,77 тис. м³/добу. Для забезпечення питного та технічного водопостачання активно використовуються 56 ділянок прісних підземних вод [21, 34, 37].

Основними водоносними комплексами, які експлуатуються для потреб населення та промисловості області, є четвертинний, неогеновий, верхньокрейдовий і девонський горизонти [23, 39].

Водопостачання Львова повністю забезпечується підземними джерелами, розташованими в межах області. Ця система складається з 17 групових водозаборів і 180 свердловин, глибина яких подекуди сягає 250 метрів. Найближчий водозабір знаходиться у селі Малечковичі, за 13 км від Львова, а найдалший – поблизу Стрия, на відстані 100 км. Усі водозабори поділені на чотири напрямки: північний (65 км), південний (103 км), східний (77 км) і західний (35 км). Проектна потужність цих водозаборів становить 452 тис. м³.

Згідно інформації Головного управління Держгеокадастру у Львівській області земельному фонду області відводиться 2183,1 тис. га, що становить 2,8% території України. З цієї площі 1261,5 тис. га (або 57,8%) відведено під угіддя сільськогосподарського призначення. У структурі с.-г. угідь переважає рілля, яка займає 794,1 тис. га, багаторічні насадження охоплюють 23,2 тис. га, а пасовища та сіножаті – 35,0% (див. табл. 2.3) [24, 36].

Таблиця 2.3 – Структура земельного фонду області (за даними Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру)

Основні види земель та угідь	Площа	До загальної площі території
	тис. га	%
Загальна територія	2183,1	100,0
у тому числі:		
1. Сільськогосподарські угіддя, з них:	1261,5	57,8
рілля	794,1	62,9
перелоги	0,7	0,0
багаторічні насадження	23,2	1,1
сіножаті	187,7	8,6
пасовища	255,8	11,7
2. Ліси та інші лісовкриті площі	697,3	31,9
з них вкриті лісовою рослинністю	629,1	28,8
3. Забудовані землі	162,0	5,4
4. Відкриті заболочені землі	9,4	0,4
5. Відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (піски, яри, землі, зайняті зсувами, щебнем, галькою, голими скелями)	35,7	1,4
6. Інші землі	28,6	1,3
Усього земель (суша)	2140,3	98,0
Території, що покриті поверхневими водами	42,8	2,0

Ґрунтовий покрив Львівської області є досить різноманітним. Розподіл та поширення різних типів ґрунтів зумовлені особливостями ґрунтоутворних порід, рельєфу, кліматичних умов, рівнем залягання ґрунтових вод та рослинного покриву.

2.2 Теоретичні та методологічні аспекти оцінки екологічних ризиків забруднення водного середовища промисловими стоками

Екологічна оцінка промислових стоків базується на вивченні хімічного складу, токсичності та властивостей забруднювачів, які утворюються внаслідок промислової діяльності. Кожен вид забруднення може по-різному впливати на екосистеми, що вимагає системного підходу до аналізу.

Основними забруднювачами промислових стоків є важкі метали, органічні токсиканти, радіонукліди та біогенні елементи. Їх вплив визначається токсичністю, біоаккумуляцією та здатністю до розкладання. Теоретичний аналіз дозволяє виділити пріоритетні забруднювачі з огляду на екологічний ризик.

Методологічні підходи включають фізико-хімічний аналіз, токсикологічне тестування та екотоксикологічне моделювання, що дозволяють оцінити вміст забруднювачів та їх вплив на живі організми. Важливим аспектом є вибір методів, які відповідають властивостям конкретних стоків.

Ключовою складовою оцінки є аналіз механізмів впливу забруднень на живі організми, включаючи біоакмулювання, порушення фізіологічних процесів і пригнічення екосистемних функцій. Поєднання важких металів та органічних речовин може суттєво посилювати токсичність стоків.

Нормативно-правова база відіграє важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки. Міжнародні стандарти, зокрема рекомендації ВООЗ, та регіональні регламенти визначають критерії якості води і допустимих рівнів забруднення.

Для Львівської області, яка має високу концентрацію промислових підприємств, необхідно враховувати локальні особливості, інтенсивність антропогенного навантаження та специфіку індустріальних забруднень.

Методологія оцінки екологічних ризиків охоплює кількісні та якісні підходи. Якісні методи допомагають ідентифікувати джерела та природу забруднень, тоді як кількісні дозволяють оцінити рівень і динаміку впливу, забезпечуючи точні обчислення й оцінки ризиків. Поєднання цих методів забезпечує комплексний аналіз.

Забруднення водних об'єктів особливо характерне для районів поблизу великих промислових центрів, де стоки нерідко недостатньо очищені. У посушливі періоди рівень забруднення може знижуватися, однак під час дощів чи танення снігу концентрація забруднювачів суттєво зростає.

Дотримання встановлених нормативів скиду є ключовим критерієм збереження якості води. Визначення гранично допустимих скидів (ГДС) забезпечує контроль за станом водних ресурсів і підвищує ефективність водоохоронних заходів [47].

Аналіз міжнародного досвіду, зокрема забруднення річки Дунай чи Хуанпу, демонструє успішність впровадження інноваційних технологій очищення та ефективних механізмів регуляції, що можуть бути адаптовані в Україні.

Використання сучасних методів оцінки, таких як аналітичний і порівняльний підходи, дозволяє отримувати точні дані про забруднення, підвищувати якість очищення води та мінімізувати ризики для екосистем і здоров'я населення.

Згідно з правилами приймання, Водоканали визначають для кожного підприємства індивідуальні режими та нормативи скидання забруднення у каналізаційну систему населеного пункту (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Припустимі величини показників якості стічних вод і води водоймищ

Найменування показників	ГПК стічних вод, що надходять на споруди біологічної очистки, г/м ³	Орієнтовна ефективність очистки на спорудах біологічної очистки, %	ГПК у воді водойми	
			господарсько-питного водокористування, г/м ³	рибогосподарського призначення г/м ³
Азот амонійний	30	20-60	2,0	0,5
Залізо	2,5	50	0,3	0,05
Жири	50	70	-	-
Кадмій	0,01	60	0,001	0,005
Нафта	10	85	0,3	0,05
Нітрати (N03)	45	-	45	40
Нітрити	3,3	-	3,3	0,08
Сульфідиди	1,0	-	0	-
Фенол	10	95	0,001	0,001
Фосфати	10	10-20	3,5	-
Сульфати	500	-	500	100
Хлориди	350	-	350	300

Таким чином, поєднання теоретичних знань, методологічних підходів та ефективних технологій є основою для вирішення проблем промислового забруднення водного середовища та забезпечення екологічної безпеки.

2.3 Очищення промислових стічних вод для охорони водних ресурсів

Одним із ключових аспектів вирішення проблеми екологічного оздоровлення водних об'єктів є розробка та впровадження ефективних водоохоронних заходів. Основна увага при цьому приділяється процесам очищення, нейтралізації, переробки та утилізації стічних вод. У системі санітарно-технічними заходами із захисту водних ресурсів від забруднення особливу роль повинно відігравати промислове очищення стічних вод. Водночас досягнення гранично допустимих норм забруднення можливе лише за умови упровадження сучасних високотехнологічних методів третинної очистки, які включають такі процедури, як глибоке доочищення води за допомогою електрофільтрації, адсорбції, коагуляції та флокуляції, ультра- та гіперфільтрації, електродіалізу, іонного обміну та окиснення. Наразі розроблено інноваційні водоочисні системи, здатні забезпечити стічним водам рівень чистоти, близький до природного [2, 24, 25, 29, 34, 37].

Таким чином, очищення промислових стічних вод спрямоване на видалення різноманітних забруднень, що дозволить знизити негативний вплив на водойми та забезпечити відповідність санітарно-гігієнічним стандартам. Вода, очищена з допомогою спеціальних установок, не завдаватиме шкоди природному середовищу, не загрожуватиме здоров'ю людей та зберігатиме природний стан флори і фауни.

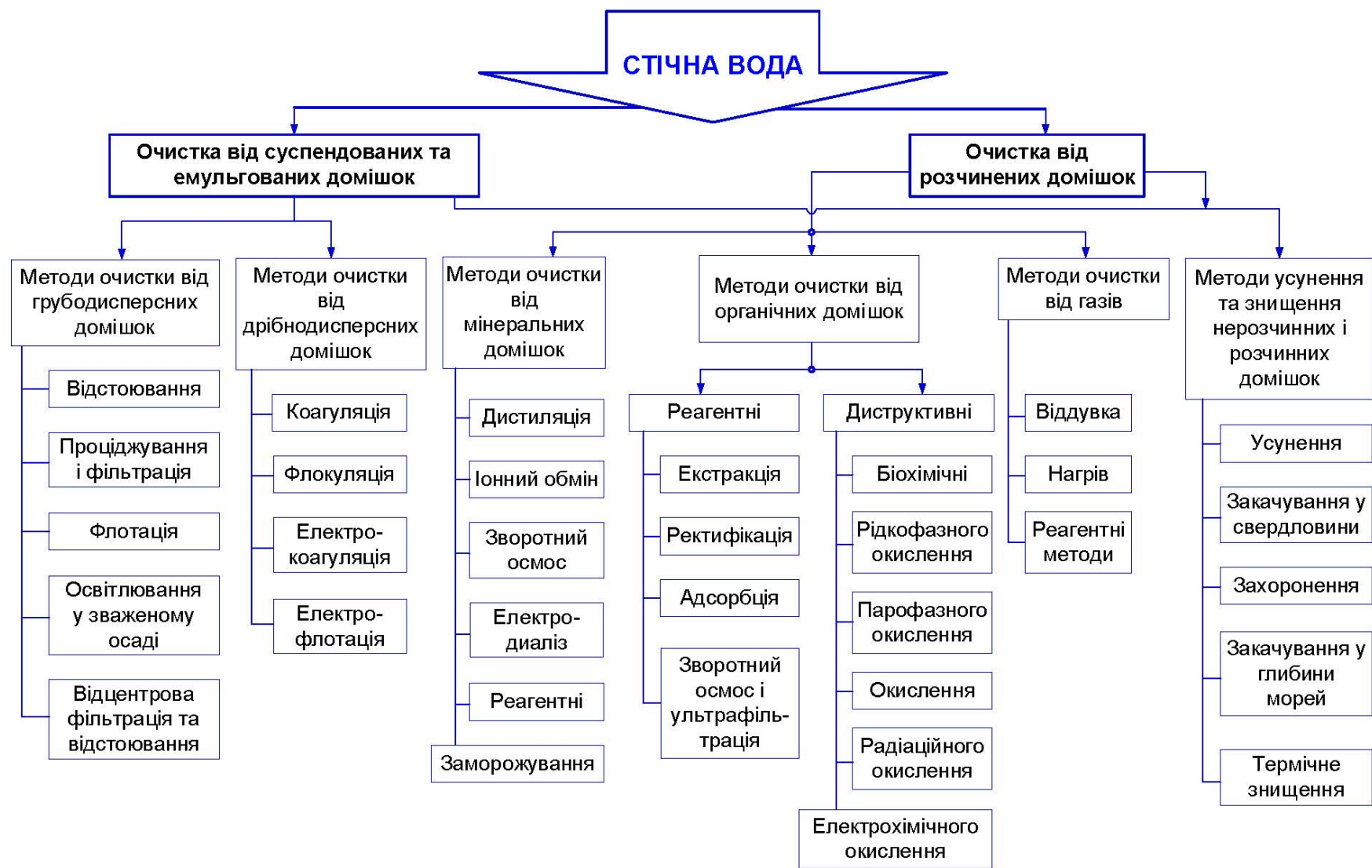


Рисунок 2.6 – Схема методів очищення стічних вод від різних типів забруднень [34]

Вибір методу очищення залежить від складу стічних вод, необхідного ступеня очищення та економічних факторів [42, 45].

Комплексне очищення, що включає кілька методів, є найбільш ефективним для досягнення високої якості очищеної води [34, 35].

Сучасні технології очищення стічних вод постійно розвиваються, що дозволяє вирішувати все більш складні завдання [40].

Таким чином, технології очищення промислових стічних вод включають застосування промислової спеціалізованої станцій та фільтраційних елементів, які використовуються як у комплексі, так і окремо, для вилучення різних домішок і відходів із технічної води. Вибір методу очищення залежить від подальшого призначення очищеної води.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Формування якості води поверхневих водойм у контексті антропогенного навантаження

Водні ресурси є одним з найважливіших природних багатств, що забезпечують не лише екологічну, але й соціально-економічну стабільність. Проте антропогенне навантаження, спричинене промисловою діяльністю, стає все більш актуальною проблемою, яка потребує термінового вирішення.

Промислові підприємства значно впливають на якість водного середовища через систематичне скидання забруднюючих речовин, внаслідок такого навантаження виникають хімічні, фізичні та біологічні зміни, що порушують природні екологічні процеси у водоймах [40].

Одним з основних наслідків є зниження якості води. Збільшення вмісту токсичних і шкідливих речовин у воді призводить до зменшення її придатності для побутового, рекреаційного, сільськогосподарського та промислового використання. Це, в свою чергу, знижує функціональну цінність водних ресурсів і вимагає складних та затратних методів очищення для досягнення необхідних стандартів.

Скидання стічних вод у водойми може призводити до змін у фізичних властивостях води, а саме – прозорості, кольору, запаху і смаку, а також до появи плаваючих домішок і утворення осадів на дні. Також впливають на хімічний склад води, зокрема знижують рівень розчиненого кисню та змінюють кількість і склад бактерій. Унаслідок цього водойми стають непридатними для питного і технічного водопостачання, а також призводити до загибелі риби.

Процес самоочищення води у водоймі відбувається у два етапи. На першому етапі відбувається перемішування забрудненого потоку з основною масою води, а другий етап включає мінералізацію органічних речовин і поступове знищення занесених бактерій.

Важливо відзначити, що обсяг і склад промислових стоків значною мірою залежать від специфіки продукції, яку виробляє підприємство. Для оцінки цього чинника можна порівняти характеристики стічних вод, утворених на підприємствах легкої, нафтопереробної та металургійної галузей (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Питомі витрати води та стічних вод для деяких виробництв [42]

Вид продукції	Витрата на одиницю продукції, м ³		
	загальна кількість води (разом із свіжою водою)	безповоротне споживання і втрати води	стічна вода
Виробництво чавуну, 1 т	401	33	4
Виробництво сталі, 1 т	360	29	4
Виробництво складних добрив, 1 т	52	2,1	2,9
Синтетичні волокна, 1 т	2590	95	195
Нафтопереробні заводи паливного профілю, 1 т нафти	20,6	0,4	0,2
Виробництво сульфатної целюлози, 1 т	1240	2,1	197,9
Виробництво паперу, 1 т	350	1,4	83,6
Виробництво вовняних тканин, 1000 м	2230	65	325
Молокозаводи, 1 т молока	50	0,5	6,5
М'ясокомбінати, 1 т готової продукції	83	3,7	19,3

Кількість виробничої стічної води розраховується залежно від продуктивності підприємств, використовуючи узагальнені норми водоспоживання та водовідведення, характерні для різних галузей промисловостей.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств [45]

№ п/п	Вид промисловості	Виробничі стічні води різних галузей промисловості істотно відрізняються як за складом забруднюючих речовин, так і за їх концентраціями
1	2	3
1	Заводи чорної металургії	Вода забруднена завислими неорганічними речовинами (0,2–5 г/л – різні цехи), окалиною (0,3–2 г/л – прокатні цехи), залізом 3–5 мг/л і мастилами 200–250 мг/л; сірчаною кислотою до 0,3 г/л і залізним купоросом до 0,7 г/л (травильні установки – промивні води), фенолами 0,7–1 г/л тощо
2	Коксохімічні заводи	Стічні води містять завислі речовини (0,3–0,5 г/л), смоли і мастила (0,3–0,5 г/л), феноли (0,4–1,8 г/л), аміак (0,2–3 г/л і більше), ціаніди і роданіди (0,1–0,4 г/л), солі неорганічних кислот. Високий вміст органічних речовин – $BPK_5 = 0,8–3$ г/л (хімічні цехи – фенольні води).
3	Заводи кольорової металургії	Вміст у воді мінеральних завислих речовин коливається від 0,1–0,2 (у середньому по заводах) до 7–8 г/л (цехи газоочищення), вміст кольорових металів складає 1,5–170 мг/л, у малих концентраціях зустрічаються залізо, сульфати, хлориди.
4	Нафтопереробні заводи з нафтохімічними виробництвами	Стічні води забруднені нафтою і нафтопродуктами від 150 мг/л до 15 г/л, завислими речовинами до 300 мг/л, солями (хлориди) 3–15 мг/л, різними органічними речовинами. BPK стічних вод коливається від 150 мг/л (більшість виробництв) до 7 г/л (виробництво жирних кислот).
5	Нафтопромисли	Вода містить хлориди кальцію і натрію (від 5 до 180 г/л – відповідно лужні і тверді пластові води промислів), нафтопродукти (від 100 мг/л до 5 г/л), завислі речовини (від 150 мг/л до 11 г/л), залізо (10–150 мг/л), сірководень (25–400 мг/л).
6	Целюлозно-паперові підприємства	Вміст у стічних водах завислих речовин затримуються 400–2000 мг/л (у лужному стоці до 2 г/л) – це переважно деревне волокно і целюлоза.

		Можлива присутність у воді невеликих концентрацій лігніну й органічних кислот. <i>БПК₅</i> стічних вод складає 100-250 мг/л для загального стоку сульфатних заводів і 0,8-2 г/л – для сульфідних.
7	Заводи основної хімії	Стічні води кислотних заводів у нормальних умовах містять незначну кількість мінеральних кислот. Вода суперфосфатних заводів забруднена хлористим і кремнефтористим натрієм (10-20 г/л), соляною і фтористоводневою кислотами (5-20 г/л). Стічна вода виробництва кальцинованої соди містить до 120 г/л хлористого кальцію, до 70 г/л хлористого натрію, до 12 г/л гідроокису кальцію і магнію. При виробництві аміаку, у залежності від способу його одержання, стічні води містять сірководень (10-40 мг/л), миш'яковистий ангідрид (25 мг/л), вуглекислий газ (до 3,5 г/л), вільний аміак (до 500 мг/л); мідь (0,2-1 г/л), сульфати (25 г/л); роданіди, фенол і інші речовини.
8	Текстильні підприємства	Основні забруднюючі речовини: миючі засоби (50–120 мг/л), завислі речовини (250–400 мг/л), барвники; <i>БПК</i> досягає 300–350 мг/л. Сильно забруднені стічні води фабрик первинної обробки вовни: завислі речовини (20–40 г/л), тваринний жир (8–12 г/л); <i>БПК₂₀</i> – 16–20 г/л.
9	Підприємства важкої індустрії	У стічних водах затримуються в основному забруднення мінерального походження, а харчової й легкої промисловості – забруднення органічного походження.
10	Машинобудівні й автомобільні заводи	Концентрація забруднень у стічних водах становить: ціанідів – 70–120 мг/л, хрому – 40–60 мг/л, кислот – 70–100 мг/л, нафтопродуктів – 25–40 мг/л (цехи металопокриттів), завислих речовин – 100–200 мг/л (загальний стік). У відпрацьованих розчинах і емульсіях вміст забруднень досягає: хрому – 200 г/л, ціану – 100 г/л, мастил і емульсолу – 50 г/л, окалини – 15 г/л.

Загальні відомості водокористування у Львівській області наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні показники використання і відведення води за останніх 5 років (млн м³) [15]

Показники	2019	2020	2021	2022	2023
Забрано води з природних водних об'єктів - всього	168,6	143,798	176,399	183,147	174,786
Спожито свіжої води (включаючи морську) з неї на:	122,3	100,84	130,812	132,330	138,057
виробничі потреби	43,63	33,55	34,846	33,761	35,605
побутово-питні потреби	58,05	56,145	61,864	50,289	57,038
зрошення	-	-	0,006	0,040	0,054
сільськогосподарські потреби*	20,44	10,003	30,713	46,235	42,576
ставково-рибне господарство	-	10,011	0	11,962	12,198
Втрати води при транспортуванні	45,46	40,261	37,747	36,351	30,614
Загальне водовідведення, з нього:	168,2	164,596	188,805	188,270	195,45
у поверхневій водній об'єкти	156,1	155,421	149,845	143,093	152,18
у тому числі:					
забруднених зворотних вод	45,43	123,15	119,826	113,858	118,51
з них без очищення	1,532	1,239	0,726	0,58	1,218
нормативно очищених	98,89	22,469	17,896	18,119	21,295
нормативно чистих без очистки	11,79	9,802	12,122	11,116	12,376
Обсяг оборотної та послідовно використаної води	393,2	354,392	355,017	381,509	249,113
Частка оборотної та послідовно використаної води, %					
Потужність очисних споруд	281,7	367,519	311,911	327,338	311,890

Примітка.

*Використання води для сільськогосподарського водопостачання сільського населення (у тому числі для утримання худоби)

Згідно з даними державних звітностей за формою 2ТП-водгосп (річна), у 2023 р. спостерігається зниження забору води з природних водних об'єктів Львівської області, зокрема на 8,361 млн м³ порівняно з 2022 р., досягнувши 174,786 млн м³.

Забір води з підземних джерел скоротився на 8,965 млн м³ – із 156,982 млн м³ у 2022 році до 148,017 млн м³ у 2023 році. Водночас обсяги забору води з поверхневих джерел зросли на 0,6 млн м³, досягнувши 26,769 млн м³ (порівняно з 26,165 млн м³ у попередньому році).

Використання свіжої води в області збільшилося на 5,727 млн м³, досягнувши 138,057 млн м³ у 2023 р., порівняно з 132,330 млн м³ у 2022 році. На господарсько-питні потреби було використано 57,038 млн м³, що на 6,749 млн м³ більше, ніж у попередньому році (50,289 млн м³).

Для виробничих потреб обсяг використаної води зріс на 1,844 млн м³ (з 33,761 млн м³ до 35,605 млн м³). У сільському господарстві використання води також збільшилося на 0,492 млн м³ і склало 2,638 млн м³.

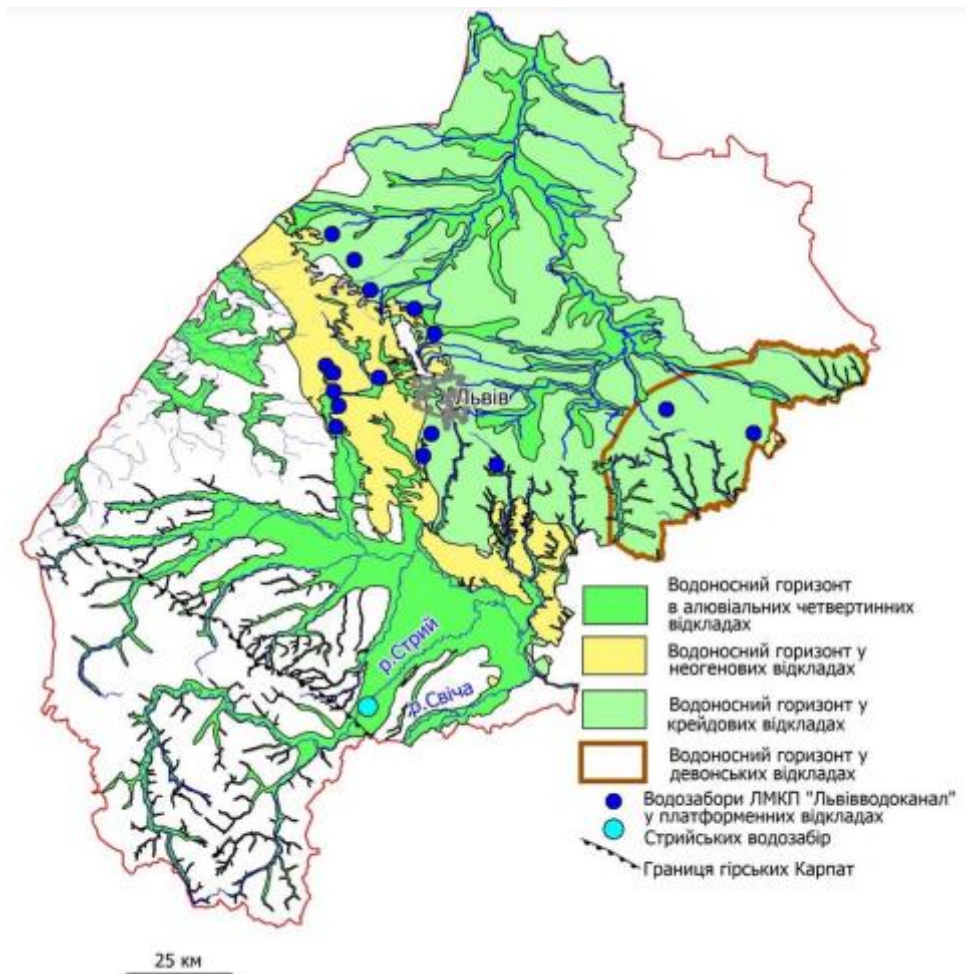


Рисунок 3.1 – Схематичне розташування чотирьох основних підземних водоносних масивів у межах Львівської області, що належать до басейнів річок Дністер та Вісла, які використовуються ЛМКП «Львівводоканал» для водопостачання міста Львова [13, 15]

Станом на 1 січня 2024 року на території Львівської області зареєстровано 18523 водокористувачі, розподілених за басейнами річок таким чином:

- у басейні річки Західний Буг – 6303 водокористувачі;
- у басейні річки Дністер – 10614 водокористувачів;
- у басейні річки Сян – 1146 водокористувачів;
- у басейні річки Стир – 460 водокористувачів.

Протягом 2023 р. водокористувачі Львівської області скинули 195,45 млн м³ зворотних вод, що на 7,18 млн м³ більше, ніж у 2022 р. Обсяг забруднених виробничих вод, скинутих у поверхневі водойми області, становив 118,51 млн м³, що на 4,652 млн м³ перевищує показник попереднього року.

На промислових підприємствах значну частину води, яка іноді досягає 70–90% у деяких виробництвах, втрачається для охолодження продукції у

теплообмінних апаратах. Також, воду використовують для транспортування та поглинання домішок, як розчинених так і нерозчинених; як розчинники для реагентів, як середовище для фізико-хімічних реакцій, а також для промивки проміжної та готової продукції. У процесі використання вода забруднюватиметься продуктами, з якими вона контактує.

Загалом, на підприємствах вода здебільшого застосовується для допоміжних потреб, тоді як безпосередньо до складу продукції входить лише у незначних кількостях і лише в окремих технологічних процесах.

З'ясовано, що система водопостачання має суттєвий вплив на обсяги та склад виробничих стічних води, оскільки використання води в оборотному циклі для технологічних операцій цього або сусідніх підприємств зменшує абсолютну кількість стічних вод, але сприяє затриманню більшої кількості забруднень.

За відсутності встановлених норм водовідведення кількості стічних вод визначають технологічні розрахунки відповідно до виробничого регламенту, а отже підкреслює важливість оптимізації водокористування для мінімізації впливу промисловості на довкілля.

Дошові води, у свою чергу, містять значні обсяги нерозчинних мінеральних домішок та органічних забруднювачів із БПК 50–60 мг/л.

На думку авторів [22] дошові води також спричиняють забруднення водойм, а загальний річний їх обсяг з 1 га на рік складає 1500–2000 м³, що в 5–30 разів менше порівняно з побутовими стоками. Витрати дошових вод значно коливаються залежно від погодних умов – від 0 під час посухи до 300 л/с під час сильних злив.

3.2 Аналіз екологічного стану водних об'єктів у зонах впливу промислових підприємств

Моніторинг стану поверхневих вод у Львівській області здійснюється кількома організаціями, зокрема Державною екологічною інспекцією у Львівській області, Львівським обласним виробничим управлінням водного господарства, Львівською обласною санітарно-епідеміологічною станцією, а також Волинським і Рівненським обласними центрами з гідрометеорології; Басейновим управлінням водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну.

Вказані установи проводять контроль за різноманітними показниками якості поверхневих вод. Серед них: температура, колірність, запах, прозорість, рівень рН, твердість, лужність, мінералізація, біохімічне споживання кисню (БСК₅), хімічне споживання кисню (ХСК), концентрація розчиненого кисню, вміст амонійного азоту, нітритів, нітратів, нафтопродуктів, а також макро- та мікроелементи тощо.

Використовуючи відкриті джерела, зокрема інформаційно-аналітичну систему «Open environment» (<http://www.openenvironment.org.ua/>), для досліджуваного регіону було використано карти, що відображають рівень забруднення гідрологічної мережі [50].

Забруднення поверхневих вод Львівської області спричиняється, зокрема, відсутністю водоохоронних зон і прибережних захисних смуг навколо водних об'єктів. Основною причиною забруднення залишається скид неочищених або недостатньо очищених стічних вод, що потрапляють у водойми. Це пов'язано з фізичним і моральним зношенням очисних споруд, а також браком фінансування для їх будівництва, ремонту чи реконструкції.

Тривала експлуатація без належного поточного обслуговування призвела до незадовільного технічного стану систем водопостачання та водовідведення, зокрема, значна частина об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства області перебуває в аварійному стані, а їхній стан продовжує погіршуватись.

Інформацію щодо обліку забору води та скиду стічних вод було отримано з відкритих джерел, наданих Басейновим управлінням водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну [13].

Таблиця 3.4 – Скид стічних вод після очисних споруд (млн м³) [13]

Район	Скид, всього			Не відповідають нормативам			Відповідають нормативам		
	2023	2022	+/- 2023 до 2022	2023	2022	+/- 2023 до 2022	2023	2022	+/- 2023 до 2022
Дрогобицький	13,900	11,361	+2,539	0,951	0,574	+0,377	12,948	10,787	+2,161
Золочівський	3,126	2,155	+0,971	0,005	0,001	+0,004	3,121	2,154	+0,976
Львівський	114,547	110,581	+3,966	108,717	104,721	+3,996	5,830	5,859	-0,029
Самбірський	0,871	0,847	+0,024	0,698	0,612	+0,086	0,173	0,235	-0,062
Стрийський	9,292	8,913	+0,379	2,978	2,635	+0,343	6,314	4,278	+2,036
Шептицький	6,281	5,546	+0,735	4,891	4,640	+0,251	1,39	0,907	+0,483
Яворівський	4,164	3,690	+0,474	0,269	0,674	-0,405	3,895	3,016	+0,879
Разом по області	152,181	143,093	+9,088	118,510	113,858	+4,652	33,671	29,235	+4,436

Наприкінці 2022 року через російську агресію проти України на території Львівської області було зафіксовано забруднення річки Дністер нафтопродуктами, зокрема через витік трансформаторної оливи поблизу села Бородчиці (Стрийський район). У 2023 році зусиллями обласної державної адміністрації, органів місцевого самоврядування та профільних служб було здійснено комплекс заходів щодо ліквідації цього забруднення [4].

Додатковим джерелом забруднення водних ресурсів є зношені очисні споруди та накопичені протягом тривалої експлуатації відходи мулу, які розміщуються на мулових майданчиках і полях фільтрації. Найбільші скупчення таких відходів знаходяться на території Львівських очисних споруд, які займають площу 22 га.

Неочищені стічні води, що потрапляють у басейни транскордонних річок Дністер, Сян і Західний Буг, створюють ризики забруднення, які можуть мати негативні наслідки для суміжних країн, зокрема Польщі та Молдови.

У 2023 році водокористувачі Львівської області скинули в поверхневі водойми 152,18 млн м³ зворотних вод, що на 9,087 млн м³ більше, ніж у 2022 р. Обсяг нормативно очищених вод зріс на 3,176 млн м³ – з 18,119 млн м³ у 2022 р. до 21,295 млн м³ у 2023 р. Водночас скид нормативно чистих вод збільшився на 1,26 млн м³, досягнувши 12,376 млн м³ у 2023 році порівняно з 11,116 млн м³ у 2022 році. Обсяги скиду зворотних вод у водні об'єкти області подано в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Обсяги скиду зворотних вод у поверхневі водні об'єкти Львівської області, млн м³ [15]

Найменування водокористувача	Скинуто в поверхневі водні об'єкти, млн. м ³							
	Всього		в тому числі					
			Забруднених		Нормативно чистих		Нормативно очищених	
2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	
Львівська область	152,18	143,092	118,510	113,858	12,376	11,116	21,295	18,119
Басейн р. Західний Буг	115,570	111,615	112,701	108,651	0,833	1,130	2,037	1,835
Басейн р. Дністер	32,416	28,192	5,296	4,307	10,149	9,476	16,971	14,409
Басейн р. Стыр	2,392	1,463	0,291	0,266	1,285	0,371	0,816	0,825
Басейн р. Сян	1,802	1,822	0,222	0,634	0,109	0,139	1,471	1,050

Порівняно з попереднім роком обсяг скидів у річку Західного Бугу зріс на 3,955 млн м³. Найбільше забрудненою річкою басейну залишається Полтва, яка є лівою притокою. Основним джерелом забруднень є стоки, що надходять від ЛМКП «Львівводоканал». Окрім цього, у басейн Західного Бугу продовжують потрапляти недостатньо очищені стічні води від низки комунальних підприємств, таких як КП «Рава-Руське БУ №2» (м. Рава-Руська), КП «Кам'янкаводоканал» (м. Кам'янка-Бузька), КП «Червоноградводоканал» (м. Шептицький) та Сокальське МКПВКГ (м. Сокаль).

У 2023 році обсяг скидів зворотних вод у поверхневі води басейну річки Дністер зріс на 4,224 млн м³ порівняно з попереднім роком. Забруднення води річки спричиняється стоками МКП «Миколаївводоканал» та низкою інших джерел. Зокрема, річка Бережниця приносить забруднення зі стоками від ПЖКГ Моршинської міської ради, а річка Солониця – від ТОВ «Трускавецький водоканал» та ПрАТ «Стебницьке гірничо-хімічне підприємство «Полімінерал».

Також у басейні Дністра зафіксовані скиди недостатньо очищених стічних вод від таких комунальних підприємств: КП «Стрийводоканал» (р. Стрий); КП «Перемишляниводоканал»; Самбірське ВКГ, яке здійснює скиди з полів фільтрації в річку Стрв'яж; Славське ВККГ, чиї очисні споруди працюють без капітального ремонту з 1986 року, а знос обладнання становить близько 80%; КП «Пустомитиводоканал» (басейн Дністра).

У басейні річки Сян у 2023 році обсяги скидів зворотних вод зменшилися на 0,02 млн м³. Водночас об'єм нормативно очищених вод зріс на 0,421 млн м³ і становить 0,222 млн м³, тоді як скид нормативно чистих вод залишився на рівні попереднього року – 0,109 млн м³. Основними джерелами забруднень у басейні

річки Сян залишаються комунальні підприємства міст Новояворівськ, Мостиська, Рудки та Яворів. Річка Шкло й надалі забруднюються стоками, які скидаються підприємствами: ТОВ «ЕнергіяТепловодсервіс» (97 тис. м³), МКП «Новояворівськводоканал» (1023 тис. м³) та Яворівською КЕЧ (145 тис. м³).

Щодо басейну річки Стир, у 2023 році обсяг скидів зворотних вод зріс на 0,929 млн м³, а нормативно чистих стічних вод – на 0,914 млн м³, досягнувши показника 1,285 млн м³. Основними джерелами таких скидів є ТОВ «Спиртовий завод «Суходоли», ТОВ «Спиртовий завод «Лопатин» та ставкове господарство ФОП Саган М.М. Незначне збільшення обсягів нормативно очищених і забруднених вод не змінює того факту, що головним забруднювачем басейну річки Стир залишається КП «Радехівське ВКГ».

Проведені дослідження, виконані Володимиром Піндером, Павлом Босаком та Василем Поповичем, зафіксували перевищення вмісту у пробах стічних вод з відвалів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району – амоніаком, нітритами та нітратами, сульфатами, гідрокарбонатами.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад стічних вод із породних відвалів вугільних шахт [3]

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	ГДК	р. Західний Буг	
				Скид зворотних вод	Фоновий створ, 100 м вище скиду
1.	БСК5	мг/дм ³	2,26	31,16	2,20
2.	БСК повне	мг/дм ³	3,00	41,46	0
3.	Хлориди	мг/дм ³	300,0	29,46	22,9
4.	Азот амонійний	мг/дм ³	0,39	3,26	0,38
5.	Нітрити	мг/дм ³	0,08	0,14	0,078
6.	Нітрати	мг/дм ³	40,0	6,62	0,14
7.	Залізо загальне	мг/дм ³	0,1	0,34	0,09
8.	Сульфати	мг/дм ³	100,0	37,05	26,8
9.	Фосфати	мг/дм ³	3,12	0,15	0,165
10.	Сухий залишок	мг/дм ³	1000,0	471,0	0
11.	Завислі речовини	мг/дм ³	0,75	38,33	22,0
12.	Нафтопродукти	мг/дм ³	0,05	0,0	0,014
13.	АПАР	мг/дм ³	0,1	0,05	0,015
14.	ХСК	мг/дм ³	–	83,2	11,9
15.	Фенол	мг/дм ³	–	0	1,4
16.	Кальцій	мг/дм ³	–	0	57,72
17.	Магній	мг/дм ³	–	0	16,5

Стічні води, які утворюються у технологічних відвалах, характеризуються значною природною мінералізацією (від 2 до 10 г/л, іноді – понад 20 г/л), бактеріальним забрудненням, високим вмістом зважених частинок (20–500 мг/л), нафтопродукти і мікрокомпоненти, таких як важкі метали та токсичні хімічні сполуки. Така характеристика робить ці води непридатними для використання без попередньої очистки та демінералізації.

Наразі на більшості шахт, що функціонують або закриті, у вугільній промисловості здійснюється лише базове очищення шахтних вод, яке обмежується видаленням механічних домішок, зважених речовин, нафтопродуктів і бактеріальних забруднень. Наприклад, багатотоннажні хвостосховища, які знаходяться на балансі вуглезбагачувального підприємства, яким є ПАТ «Львівська вугільна компанія», розташовані в межах річкового басейну Західного Бугу, спричиняють скидання забруднених шахтних вод у річки цього басейну. Крім того, складування відходів уздовж берегів спричиняє зміни у гідрохімічному та гідродинамічному режимах цих водойм.

Стічні води з відвалів характеризуються підвищеною кислотністю (рН 2,3–3,1), високим вмістом оксидів заліза, сульфат-іонів, кремнієвих сполук та інших токсичних речовин. Тривале скидання неочищених вод призводить до зниження здатності річок до самоочищення, накопичення мулу та формування небезпечних хімічних сполук, що загрожують водним екосистемам.

Дана проблема стає ще актуальнішою через те, що територія Львівсько-Волинського басейну розташована в межах Головного Європейського вододілу. У цьому регіоні, як вказано вище, беруть початок основні річкові системи басейну Чорного та Балтійського морів, включаючи річку Західний Буг, яка відіграє ключову роль у водному обміні між країнами. Таким чином, забруднені води з Червоноградського кам'яновугільного гірничопромислового району, завдають шкоди транскордонним водним ресурсам.

Науковці Володимир Піндер, Павло Босак та Василь Попович проаналізували екологічну безпеку, пов'язану з розливами стічних вод із технологічних відвалів діючих шахт гірничопромислового району. Результати їхнього дослідження свідчать про відсутність зливової каналізації на цих об'єктах. Через це дощові води, що стікають із поверхонь відвалів і промислових майданчиків, безконтрольно потрапляють у низини, де

накопичуються мінеральні солі. Для шахт вказаного району також характерні значні водоприпливи до головних і підготовчих гірничих виробок, тому промислові стоки, що утворюються навколо відвалів, відводиться за допомогою спеціальних водовідвідних канал [3, 36].

Автори відмічають, що екологічна ситуація ускладнюється тим, що підтериконові стічні води з шахт потрапляють до навколишнього середовища без належної очистки [3, 36]. Ці води стікають на сільськогосподарські угіддя і забруднюють поверхневі води, зокрема річку Західний Буг. Відсутність ефективних систем водовідведення та очищення на цих шахтах створює загрозу як для екосистем, так і для господарської діяльності регіону.

3.3 Характеристика промислових підприємств Львівської області, що здійснюють скиди стічних вод

Львівська область є одним із промислово розвинутих регіонів України, де діяльність підприємств різних галузей суттєво впливає на стан водних ресурсів, що зумовлено скидами забрудненими виробничими стічними водами.

Відповідно до рейтингу, складеним Міндовкіллям України, на території Львівської області знаходяться 4 суб'єкти господарювання – найбільших підприємств-забруднювачів, що складає 4% підприємств України, а саме ЛМКП «Львівводоканал» (скиди забруднення стічних вод), ПАТ «ДТЕК Західенерго», ВП «Добротвірська ТЕС», ДП «Львіввугілля», Шахта «Степова» (№10), ПАТ «Львівська вугільна компанія» [18, 19].

Зменшення виробництва електроенергії в області найбільшою теплоелектростанцією АТ «ДТЕК Західенерго» у 2023 році відбулося через пошкодження енергоблоків внаслідок ракетних ударів. За інформацією Департаменту паливно-енергетичного комплексу, енергоефективності та житлово-комунального господарства облдержадміністрації у 2023 році Добротвірською ТЕС вироблено 990 млн кВт*год електроенергії, для порівняння у 2022 році – 2012 млн кВт*год [19].

Сучасні електростанції споживають значні обсяги води для виробництва енергії. Наприклад, теплова потужністю 1 млн кВт*год використовує близько 1,5 км³ води на рік, а атомна станція – до 3 км³. Це особливо актуально,

оскільки виробництво електроенергії подвоюється кожні 10–15 років, що збільшує навантаження на водні ресурси.

Таблиця 3.7 – Об'єкти у Львівській області, що становлять підвищену екологічну небезпеку [15]

№ п/п	Назва підприємства	Вид економічної діяльності
1	ПАТ «ДТЕК Західенерго» ВП «Добротвірська ТЕС»	Виробництво електроенергії, постачання пари, гарячої води та кондиційованого повітря, забір, очищення та постачання води
2	ДП «Львіввугілля»	Добування кам'яного вугілля
3	Філія ГПУ «Львівгазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування» (всі підрозділи Львівської області)	Розробка газових, газоконденсатних та нафтогазоконденсатних родовищ
4	АТ «Укртрансгаз» (всі підрозділи Львівської області)	Підземне зберігання нафти, газу, інших речовин і матеріалів
5	ДП «Юсенко Україна»	Видобування нафти і газу
6	ТОВ «Барком»	Вирощування свиней, великої рогатої худоби, іншої сільськогосподарської продукції, виготовлення та реалізація продуктів громадського харчування
7	ТОВ «Свісс Кроно»	Виробництво фанери, дерев'яних плит і панелей, шпону
8	ТОВ «Еко Міт»	Розведення свиней. Допоміжна діяльність у тваринництві, Виробництво м'яса, Оптова торгівля м'ясом і м'ясними продуктами
9	ТОВ «Радехівський цукор»	Переробка цукрового буряка. Виробник цукру, меляси та жому
10	ДП «Угерський спиртовий завод»	Виготовлення спиртовмісної продукції технічного та побутового призначення

Очисні споруди є основним способом зменшення забруднення промислових стоків, однак їх будівництво вимагає значних фінансових витрат — від 70% до 100% і більше від загального капіталовкладення у промислові об'єкти. Навіть за умови функціонування очисних споруд досягти повного очищення виробничих стічних вод неможливо. Найефективніші системи

очищення здатні знешкодити лише 10–15% токсичних речовин, тоді як у промислових стоках залишатимуться складні органічні сполуки (табл. 3.8), такі як хлорбензоли, ізопрени, циклогексан, які на сьогодні не піддаються ефективному знешкодженню.

Таблиця 3.8 – Речовини виробничих стічних вод, які практично не видаляються на міських очисних спорудах [21, 37]

Речовина	Допустима концентрація у водоймі, мг/л	Речовина	Допустима концентрація у водоймі, мг/л
Ацетофенол	0,1	Карбофос	Відсутність
Гексахлорбензол	0,05	Метафос	0,002
Нітрохлорбензол ¹	0,05	Пікринова кислота	0,5
Тетраетилсвинець ¹	відсутність	Трибутилфосфат	0,01
Хлорбензол ²	0,02	Трихлорбензол	0,03
Гексахлоретан ³	0,01	ДДТ (техніч.) ⁴	Відсутність
Дихлорбензол ³	0,002	Хлор вільний ⁴	Відсутність
Ізопрен ³	0,005	Хлорофос ⁴	Відсутність

Примітки: Лімітуючий показник шкідливості: ¹ – Санітарно-токсикологічний; ² – Загально-санітарний; ³ – Органолептичний; ⁴ – Токсикологічний для водойм рибогосподарського користування

Забруднення річок промисловими стоками є однією з найбільш гострих екологічних проблем, що потребує термінового вирішення.

Аналіз стану водного середовища на прикладі річки Стрий показує, що значна частина забруднення є результатом діяльності великих промислових підприємств, зокрема Акціонерного товариства «Нафтопереробного комплексу «Галичина», Роздільського ДГХП «Сірка» та ПАТ Стебницького гірничо-хімічного підприємства «Полімінерал». Відсутність ефективної фільтрації та належного процесу самоочищення води на нафто- і газодобувних підприємствах призводить до накопичення токсичних забруднювачів, що має руйнівний вплив на водну екосистему.

3.4 Результати моніторингу якості води та аналіз отриманих показників

У дослідженні проведено аналіз ефективності роботи очисних споруд Львівської області через оцінку якості очищених стічних вод, отриманих із систем водопровідно-каналізаційного господарства. Ефективність роботи очисних споруд часто є недостатньою, що виявляється у невідповідності

очищеної води встановленим стандартам. Це зумовлює необхідність модернізації очисного обладнання та вдосконалення технологій водоочищення.

Таблиця 3.9 – Перелік забруднюючих речовин, що скидається разом із зворотними водами [38]

Забруднююча речовина, що скидається разом із зворотними водами	2023 рік	2022 рік	2021 рік
	обсяг забруднюючих речовин, тис. т	обсяг забруднюючих речовин, тис. т	обсяг забруднюючих речовин, тис. т
БСК ₅	2,115	1,9357	2,066
Завислі речовини	1,945	1,8967	1,965
Сухий залишок	54,849	51,572	52,953
Сульфати	8,161	7,6736	7,589
Хлориди	13,165	12,425	13,377
Азот амонійний	0,274	0,271	0,293
Нітрати	2,472	2,133	1,311
Нітрити	0,0885	0,076	0,038
ХСК	8,257	7,738	8,244
Нафтопродукти	0,00022	0,00022	0,00025
СПАР	0,01775	0,0174	0,0215
Залізо загальне	0,0314	0,0277	0,035
Мідь	0,000054	0,00033	0,00053
Цинк	0,00008	0,0002	0,0002
Нікель	0,0001	0,00031	0,00034
Свинець	0,0000002	0,00027	0,00036
Магній	0,00037	0,0003	0,00038
Марганець	0,000099	0,00014	0,00014
Хром (III)	–	0,00023	0,00036
Кальцій	0,00153	0,00144	0,0000016
Калій	0,00156	0,0014	0,0016
Натрій	0,0024	0,0021	0,0023
Фосфати	0,332	0,272	0,195
Феноли	0,0000001	0,0000001	0,0000001
Формальдегід	0,000004	0,000004	0,000005



Рисунок 3.1 – Очисні споруди ЛМКП «Львівводоканал» [15]

У Львівській області здійснюється щомісячний моніторинг якості поверхневих вод за хімічними та фізико-хімічними показниками на 42 моніторингових пунктах, з яких 12 розташовані у басейні Західний Буг, 23 – у басейні Дністер, 6 – у басейні Сян, а також – моніторинг якості води на транскордонній ділянці річок басейну Сяну (р. Вишня, р. Завадівка, р. Шкло, р. В'яр) та Дністра (р. Стрв'яж).

Відбір проб води та їх транспортування здійснювались Басейновим управлінням водних ресурсів Західного Бугу та Сяну (табл. 3.10), Волинським центром гідрометеорології та Дністровським басейновим управлінням водних ресурсів. Аналізи якості води проводять лабораторії Дністровського БУВР, Міжрегіонального офісу захисних масивів Дністровського водосховищ.

У літній період якість води погіршується через зниження водності річок і погіршення кисневого режиму. Узагальнення результатів здійснюється за індексом забрудненості води – інтегральним показником, що оцінює кисневий режим і рівень забруднення органічними та біогенними речовинами.

Найнижчу якість води в області має р. Полтва (с. Кам'янопіль) [46], яка слугує колектором стічних вод м. Львова. Нижче очисних споруд річка характеризується пониженим вмістом розчиненого кисню та високими концентраціями органічних і біогенних речовин, СПАР, нафтопродуктів, важких металів тощо. Крім Полтви (с. Кам'янопіль), низька якість води зафіксована в річках: р. Стрв'яж (с. Луки), р. Зубра (с. Зубра), р. Свиня (с. В'язова), р. Західний Буг нижче гирла р. Полтва (м. Буськ).

Таблиця 3.10 – Середньорічні концентрації забруднюючих речовин у контрольних створах водних об’єктів Львівської області (мг/л) за 2023 рік [15]

Місце спостереження за якістю води	Показники якості води															
	БСК ₅	ХСК	Розчинений кисень	Азот амонійний	нітрити	нітрати	фосфати	завислі речовини	мінералізація	сульфати	хлориди	залізо	марганець	мідь	цинк	хром
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
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. Західний Буг																
р. Західний Буг – м. Буськ	6,46	41,29	6,93	3,40	0,87	1,21	0,60	-	-	35,5	30,9	-	-	0,0013	0,040	0,0004
р. Західний Буг – м. Кам’янка-Бузька	2,67	27,75	7,83	3,55	1,46	9,05	1,38	18,8	505,0	93,9	51,3	0,18	0,068	0,0014	0,084	0,0003
р. Західний Буг – с. Старий Добровір	6,55	40,93	10,57	0,90	0,78	1,01	0,69	-	-	39,2	27,9	-	-	0,0005	0,022	<1,7*10 ⁻⁴
р. Західний Буг – м. Сокаль	3,08	30,58	8,70	0,74	0,48	8,93	0,88	24,7	430,3	111,0	46,8	0,18	0,046	0,0003	0,033	<1,7*10 ⁻⁴
р. Золочівка – с. Хильчиці	5,75	23,83	9,42	0,64	0,19	0,68	0,17	-	-	38,4	24,1	-	-	0,0008	0,033	<1,7*10 ⁻⁴
р. Полтва – с. Кам’янопіль	42,0	166,8	1,11	24,50	2,83	16,63	4,85	192,8	717,8	134,3	128,8	0,48	0,210	0,0058	0,065	0,0028
р. Малехівка – с. Малехів	6,79	31,38	9,12	0,74	0,38	0,72	0,32	-	-	28,6	30,7	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,031	0,0002
р. Марунька – м. Винники	7,98	30,45	10,18	2,94	0,48	1,81	0,47	-	-	30,9	44,2	-	-	0,0003	0,027	<1,7*10 ⁻⁴
Кийський потік – с. Нестаничі	2,89	20,58	9,67	0,30	0,10	0,82	0,073	-	-	24,5	19,6	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,042	<1,7*10 ⁻⁴
р. Рата – с. Межиріччя	2,67	22,61	9,81	0,72	0,089	0,68	0,16	-	-	32,4	13,3	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,026	<1,7*10 ⁻⁴
р. Мощанка – с. Середкевичі	4,26	10,50	10,94	0,08	0,029	0,12	0,065	-	-	18,6	11,7	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,012	<1,7*10 ⁻⁴
р. Свиня – с. В’язова	7,30	28,97	8,83	7,76	0,36	2,13	0,89	-	-	40,5	29,9	-	-	0,0003	0,018	<1,7*10 ⁻⁴
Басейн р. Сян																
р. В’яр (Вігор) – с. Підмостичі	2,36	12,42	9,50	0,35	0,031	1,70	0,042	14,8	285,7	64,0	17,5	0,07	0,016	0,0003	0,021	<1,7*10 ⁻⁴
р. Вишня – м. Мостиська	2,13	18,50	8,38	0,64	0,089	3,74	0,14	55,9	344,5	79,7	32,4	0,15	0,052	0,0003	0,031	<1,7*10 ⁻⁴
р. Вишня – с. Черневе	2,47	17,83	8,41	0,32	0,13	3,57	0,10	63,3	338,8	75,2	29,3	0,12	0,049	0,0003	0,033	0,0003
р. Шкло – смт. Краківець	3,45	28,00	8,61	0,62	0,12	2,33	0,071	50,5	633,1	350,0	28,3	0,24	0,143	<2,5*10 ⁻⁴	0,034	<1,7*10 ⁻⁴
р. Завадівка – с. Грушів	2,87	21,17	8,88	0,43	0,016	1,23	0,085	25,2	188,3	55,4	15,3	0,09	0,017	<2,5*10 ⁻⁴	0,011	<1,7*10 ⁻⁴
р. Рибна (Блех) – с. Грушів	4,34	14,07	10,73	0,31	0,023	0,11	0,045	-	-	30,7	11,5	-	-	<2,5*10 ⁻⁴	0,013	<1,7*10 ⁻⁴

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'яз – 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'яз – 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'яз – 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. Щирка – 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
р. Стрий – смт. Верхне 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. Верхне 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
Басейн р. Дніпро																
р. Бовдурка – с. Лагодів	3,36	25,00	7,20	1,18	0,066	0,13	0,29	-	-	32,7	24,0	-	-	-	-	0,0037

* Узагальнений перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм, 1990.

** 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 р.)

Детальна інформація по всіх річках Львівської області та України загалом висвітлена на платформі Екосистема за посиланням https://ecoagroza.gov.ua/map?layer=water_resource

Річка Полтва, яка є лівою притокою Західного Бугу, залишається найбільш забрудненою річкою басейну через надходження промислових стоків із м. Львова. Екологічний потенціал маси поверхневих вод річки оцінюється як III клас (рис. 3.2).

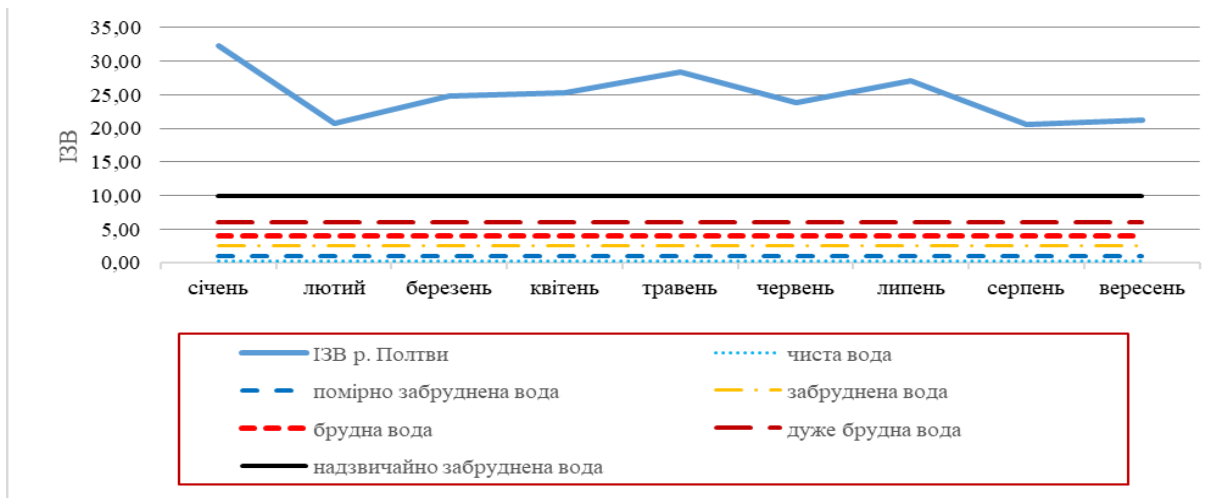


Рисунок 3.2 – Індекс забрудненості води р. Полтва (с. Кам'янопіль)

Протягом усього року індекс забрудненості води залишається на рівні, що відповідає категорії «надзвичайно забруднена вода». Значення ІЗВ коливається в межах 25–35, що свідчить про істотне перевищення допустимих норм. Зниження індексу навесні може бути пов'язане з таненням снігу, що розбавляє забруднюючі речовини у воді. Літні значення залишаються більш-менш стабільними, що може пояснюватися зменшенням стічних вод через природне випаровування.

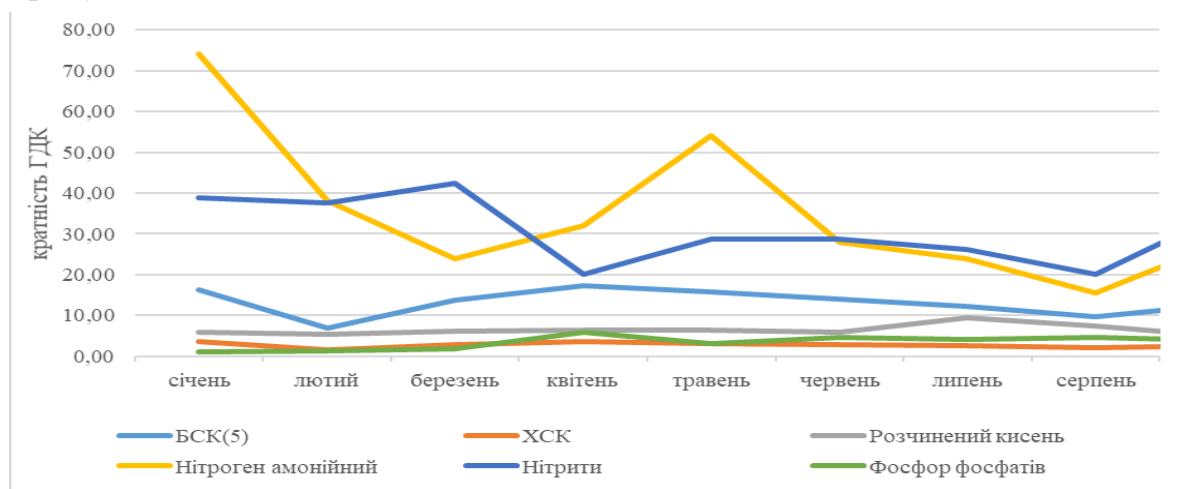


Рисунок 3.3 – Показники якості води р. Полтва, кратність ГДК

У воді річки Полтва фіксувалися високу концентрацію органічних забруднювачів, біогенних сполук, пестицидів (ацетохлору, метолахлору, тербутилазину), важких металів (цинку, міді) та медикаментозних речовин

(триклозану). Високі концентрації нітритів і нітрогену амонійного вказують на вплив господарсько-побутових стоків. При цьому у воді спостерігався низький рівень розчиненого кисню, що є критичним для водних екосистем.

Графік відображає зміну ІЗВ у створі річки Стрв'яж (с. Луки) протягом року (рис. 3.4).

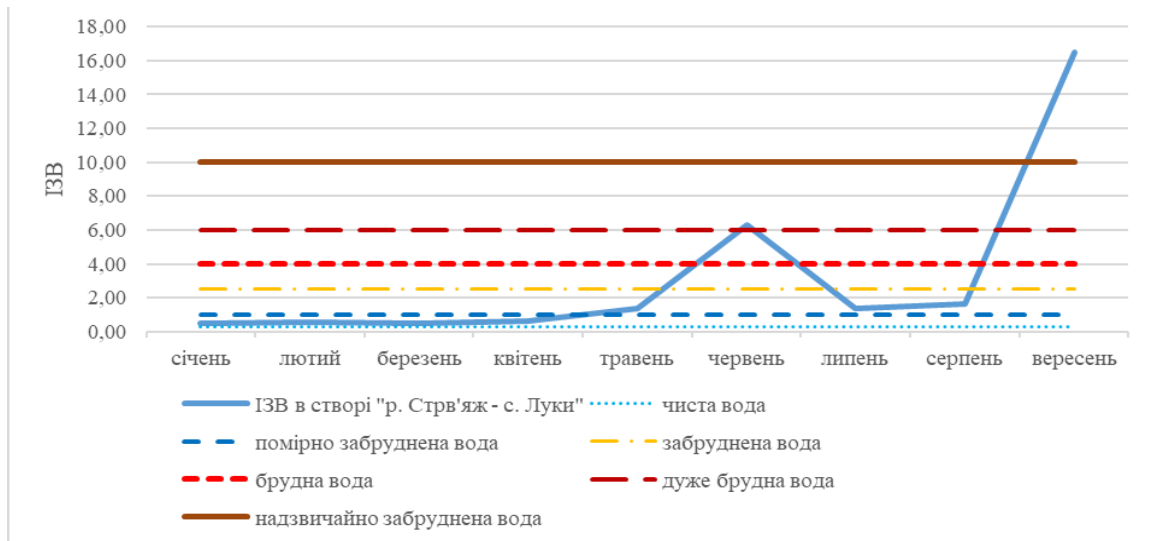


Рисунок 3.4 – Індекс забрудненості води р. Стрв'яж (с. Луки)

У січні–травні ІЗВ знаходиться в межах чистої або помірно забрудненої води, що вказує на стабільний екологічний стан. У червні спостерігається різке збільшення ІЗВ, що перевищує рівень дуже забрудненої води, ймовірно через паводки, сільськогосподарські скиди чи підвищений антропогенний вплив. У липні–серпні ІЗВ знову знижується, повертаючись до рівня помірно забрудненої води, що свідчить про покращення стану води після пікового навантаження. У вересні ІЗВ різко зростає, перевищуючи межу для надзвичайно забрудненої води, що, ймовірно, є наслідком сильного антропогенного впливу. Таким чином, екологічний стан річки Стрв'яж змінюється від стабільного до критичного, з двома піками забруднення у червні та вересні, що вимагає подальшого моніторингу та аналізу джерел забруднення.

На графіку зображено зміни показників якості води річки Стрв'яж (с. Луки) протягом року у порівнянні з ГДК (рис. 3.5).

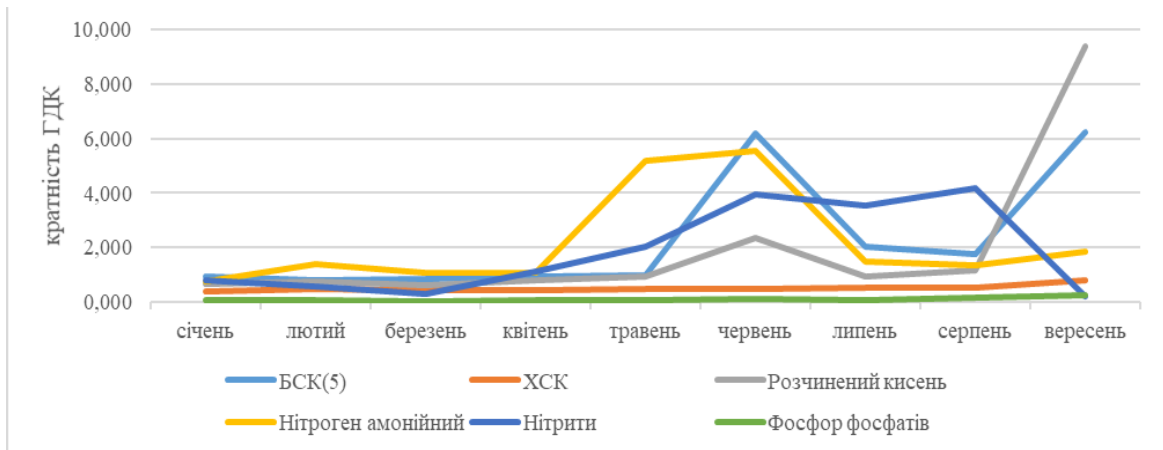


Рисунок 3.5 – Показники якості води р. Стрв'язь (с. Луки), кратність ГДК

Водойма річки Стрв'язь зазнає значного антропогенного навантаження, особливо у весняно-літній період, коли більшість показників забруднення досягають критичних значень. Підвищений рівень нітрогену амонійного та фосфатів свідчить про наявність у воді залишків добрив або органічних забруднювачів. Зменшення розчиненого кисню влітку створює несприятливі умови для гідробіонтів, що може призводити до деградації екосистеми.

У річці Зубрі (с. Зубра) показники якості води відповідає III класу екологічного стану (рис. 3.6). На її стан у цьому створі впливають дощові стоки з території м. Львова, а також несанкціоновані скиди.

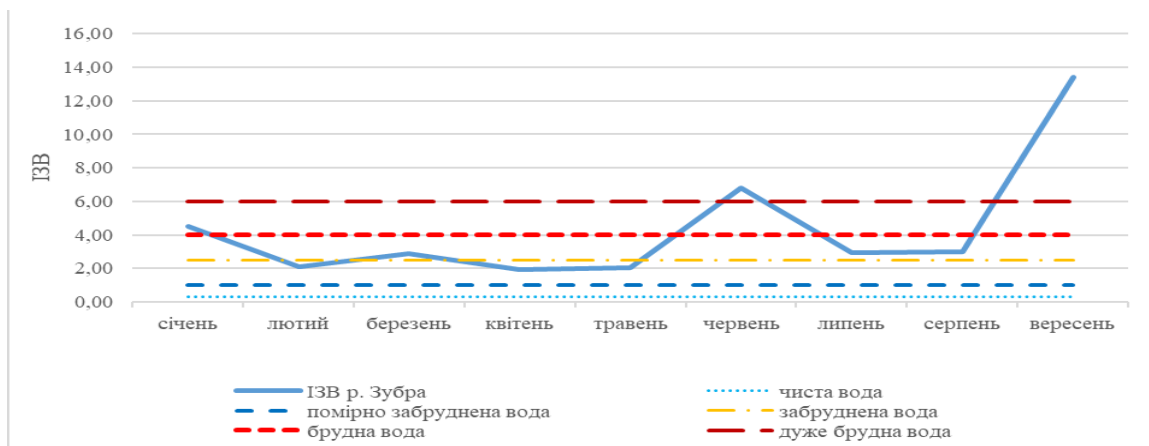


Рисунок 3.6 – Індекс забрудненості води р. Зубра (с. Зубра)

ІЗВ залишається на стабільно високому рівні у межах «**помірно забрудненої води**» (2–4) та «**забрудненої води**» (4–8) протягом більшості року. У травні ІЗВ перевищує межу **забрудненої води**, досягаючи близько 6. У вересні фіксується значний пік ІЗВ, що перевищує 12, тобто вода класифікується як «**дуже брудна**». Зростання забрудненості у травні може бути

пов'язане зі збільшенням поверхневих стоків під час весняного танення снігу та опадів, а у вересні – можливо, через змив органічних і хімічних речовин з полів після дощів.

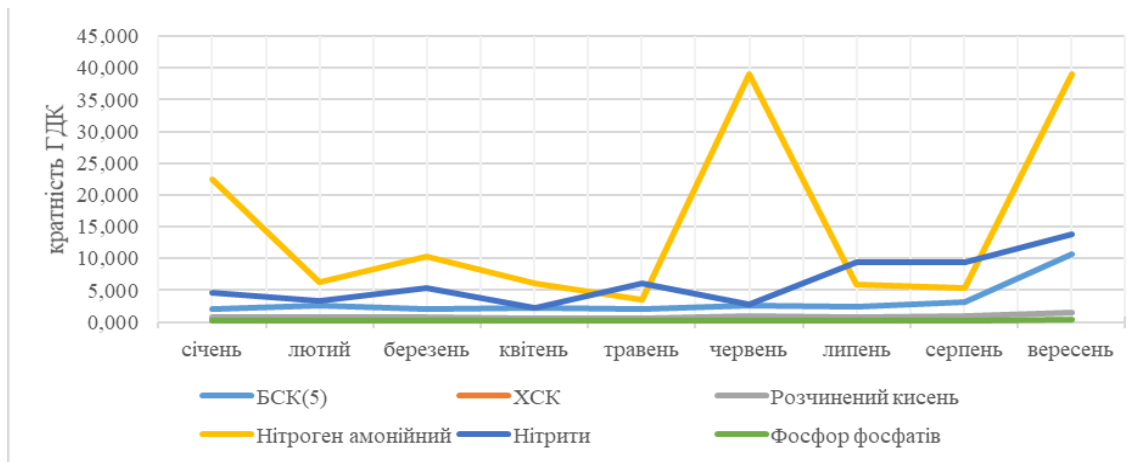


Рисунок 3.7 – Показники якості води р. Зубра (с. Зубра), кратність ГДК

У ріці Зубрі зафіксоване значно перевищення концентрацій органічних речовин (БСК₅ та ХСК), нітрити, загальний фосфор, фосфати і цинк, а також зафіксовано перевищення середньорічних концентрацій бензо(а)пірену – у 14 разів і флуорантену – в 1,4 рази. Основними проблемами річки Зубра є високі концентрації нітрогену амонійного, особливо влітку та восени, що може бути зумовлено скидами неочищених стічних вод або поверхневим стоком із сільськогосподарських угідь.

На представленому графіку відображено динаміку індексу забруднення води у створі річки Свиня (с. В'язова) протягом року (рис. 3.8).

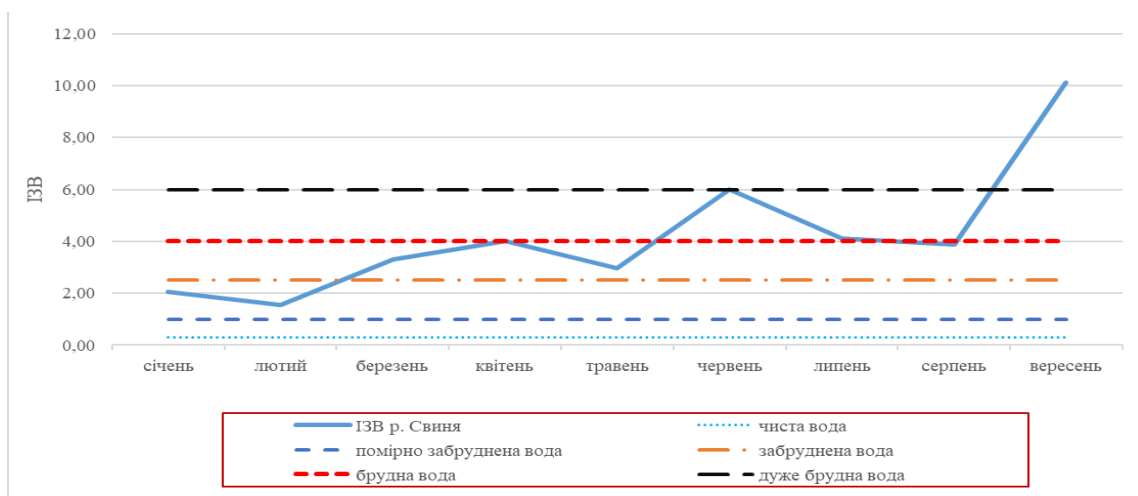


Рисунок 3.8 – Індекс забрудненості води р. Свиня (с. В'язова)

Протягом року показник ІЗВ поступово зростає, особливо в літньо-осінній період. У січні-лютому вода характеризується як «помірно забруднена», ІЗВ становить близько 2, що вказує на порівняно низький рівень забруднення. У літні місяці (червень–серпень) спостерігається зростання індексу до рівня «забруднена вода» через зниження водності річки та кисневого режиму. У вересні ІЗВ досягає найвищого значення (понад 8), що класифікує воду як «дуже брудну». Це може бути наслідком накопичення забруднень у період низького рівня водності.

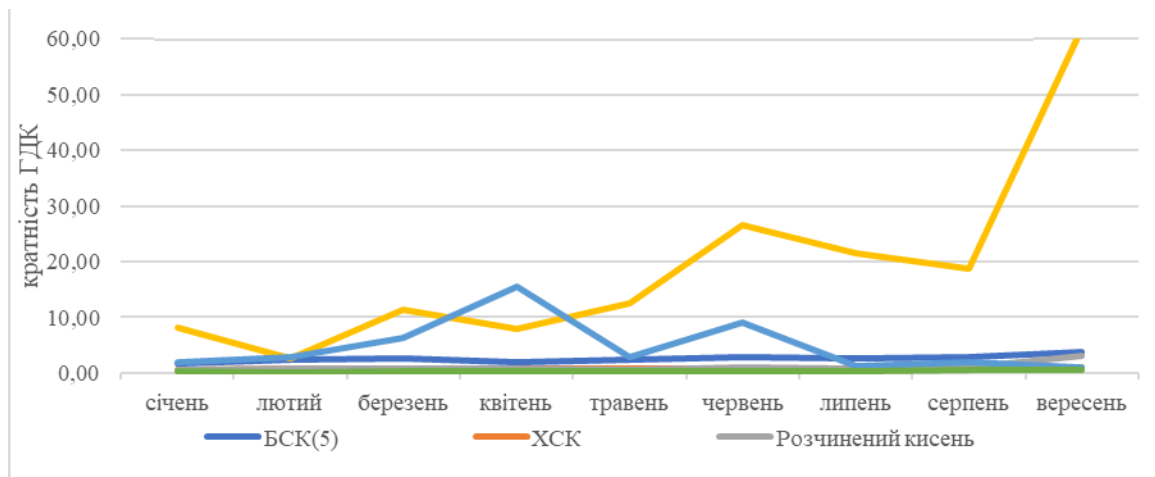


Рисунок 3.9 – Показники якості води р. р. Свиня (с. В’язова), кратність ГДК

У моніторинговому пункті річки Свиня (рис. 3.9) було зафіксовано перевищення ГДК за такими показниками: БСК₅ та ХСК у літньо-осінній період. Найбільш критичний показник – нітроген амонійний, який суттєво перевищує ГДК у вересні (понад 60 разів), що свідчить про значне органічне забруднення, можливо, злив стоків або добрив із сільськогосподарських ділянок. Також спостерігається підвищення концентрації фосфатів, що вказує на біогенне забруднення, спричинене побутовими чи промисловими стоками. Відповідно, екологічний потенціал маси поверхневих вод річки визначено як III клас. Основним фактором, що впливає на якість води в цьому створі, є скиди стічних вод із м. Жовкви.

На представленому графіку (рис. 3.10) зображено динаміку індексу забруднення води у створі річки Західний Буг (м. Буськ) протягом року.



Рисунок 3.10 – Індекс забрудненості води р. Західний Буг (м. Буськ)

У січні-лютому ІЗВ вказує на низький рівень забруднення (помірно забруднена вода). У березні-травні спостерігається поступове зростання ІЗВ, що свідчить про перехід води до категорії «забруднена». У червні-липні ІЗВ стабільно високий, класифікуючи воду як «брудну». У серпні-вересні значення ІЗВ досягають найвищих рівнів, що відповідає категорії «дуже брудна вода».

Таким чином, якість води в річці Західний Буг у створі м. Буськ значно погіршується упродовж теплого періоду року, ймовірно через антропогенні фактори, зростання температури та низьку течію.



Рисунок 3.11 – Показники якості води р. Західний Буг (м. Буськ), кратність ГДК

У теплий період року (травень-серпень) спостерігається загострення екологічних проблем у створі річки Західний Буг, зокрема збільшення органічного забруднення (зростання БСК₅), а також поодинокі випадки перевищення концентрацій пестицидів (метолахлору, тербутилазину). У річці було зафіксовано знижені концентрації розчиненого кисню (рис. 3.11). Екологічний потенціал маси поверхневих вод річки оцінюється як II клас.

Установлено, що основною причиною забруднення водних басейнів Львівщини є скидання господарсько-побутових стічних вод, які не проходять належного очищення. Це обумовлено низькою ефективністю роботи каналізаційних очисних споруд у містах області або недостатньою їхньою пропускною здатністю. До погіршення стану вод також спричиняються несанкціоновані скиди стоків у водойми. Значний вплив на забруднення поверхневих вод має приватний сектор, проте найбільший внесок здійснюють очисні каналізаційні споруди м. Львова, Буська, Кам'янка-Бузька, Сокаля, Соснівки, Гірника, Рава-Руської та смт Великі Мости, які функціонують із низькою ефективністю. Натомість, більш задовільні результати очищення демонструють споруди Добротвірської ТЕС, Золочівводоканалу.

Значну шкоду водному басейну річки Західний Буг привносить річка Полтва, щорічно додаючи до 15120 тис. м³ забруднених стічних вод із міста Львова. У межі міста Буськ (за 2 км до гирла) вода річки має такі характеристики: середній показник БСК₅ становить 7,15 мг/дм³, що перевищує ГДК в 3,17 рази; вміст азоту амонійного перевищує норму у 5,4 рази, а завислих речовин – у 4 рази. Крім того, вода характеризується низькою прозорістю. Після впадіння річки Полтва в Західний Буг якість води на десятки кілометрів, включаючи створ 0,5 км нижче від міста Кам'янка-Бузька, стає непридатною для будь-яких цілей.

Окрім того, у районі впадання побутових стічних вод із території Сокальсько-Шептицького міського конгломерату якість води у Західному Бузі погіршується. Показник забруднення води у цьому місці досягає рівня, що відповідає категорії «помірно забруднена вода».

3.5 Ступінь антропогенної трансформації ландшафтів як критерій оцінки впливу промислових стоків на водне середовище Львівської області

Антропогенна трансформація ландшафтів Львівської області під впливом водогосподарського навантаження є ключовим аспектом у контексті оцінки впливу скидання промислових стоків на стан водного середовища. Особливості цієї трансформації визначають масштаби змін у природних екосистемах та їхній потенціал до самовідновлення та адаптації до антропогенного впливу.

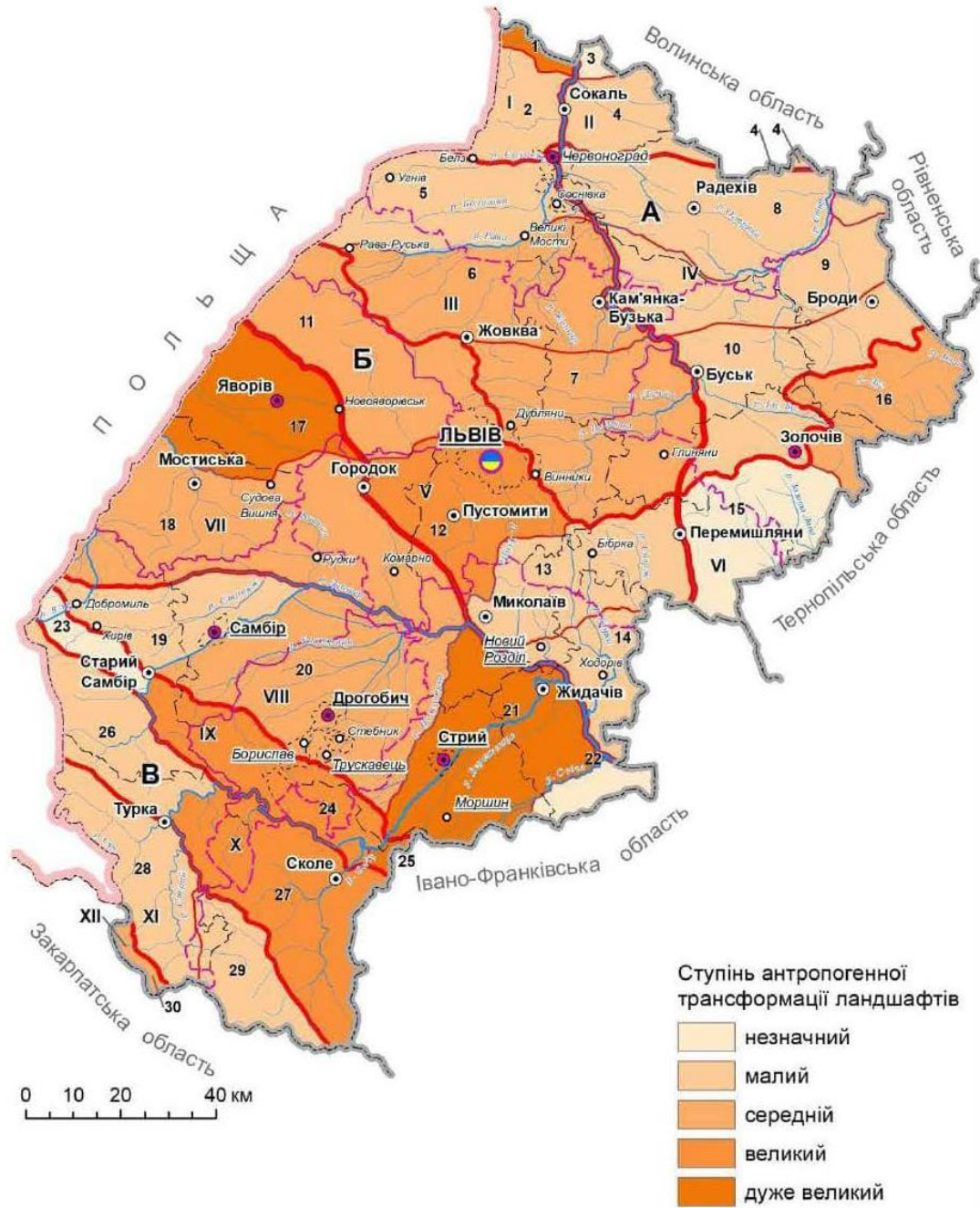


Рисунок 3.12 – Змiни природних ландшафтiв Львiвщини внаслiдок iнтенсивного використання водних ресурсiв [15]

Як видно з карти, у межах Львiвської областi спостерiгаються значнi вiдмiнностi в ступенi антропогенної трансформації ландшафтiв: вiд незначного в районах з низьким рiвнем урбанiзації та промислової активностi до дуже високого у густонаселених i промислових зонах. Такi райони (наприклад, навколо Львова та вздовж рiчкових басейнiв) зазнають найбільшого впливу

водогосподарського навантаження, що сприяє деградації природних ландшафтів. Наприклад, регіони навколо Львова, Червонограда та Борислава мають значне промислове навантаження, що проявляється у деградації природних ландшафтів і підвищеному забрудненні водних ресурсів.

Водні об'єкти, що слугують приймачами промислових стоків (як річки Полтва, Дністер, Західний Буг), піддаються значному навантаженню. Це призводить до трансформації прилеглих територій, включаючи зміни русел річок, заболочення або, навпаки, осушення земель. Такі зміни негативно впливають на стійкість ландшафтів та їх екосистемні функції.

Досліджено, що найбільші обсяги стоків з токсичними речовинами припадають на підприємства хімічної, гірничої та нафтової промисловості, які функціонують у районах із великим ступенем трансформації ландшафтів.

На основі карти можна виділити зони із середнім, високим і дуже високим рівнем антропогенної трансформації. Райони із значним ступенем урбанізації та промислового розвитку (місто Львів, Яворівський, Миколаївський райони) потребують детального екологічного моніторингу. Водночас території зі середнім рівнем трансформації (наприклад, гірські регіони Карпат) демонструють більшу стійкість до впливу, але також можуть постраждати через накопичувальний характер забруднення.

Важливо відмітити, що інтенсивне водогосподарське навантаження, пов'язане зі скиданням промислових стоків, зумовлює деградацію природних гідрологічних процесів. Передусім проявляється у зміні швидкості течії, зменшенні самовідновлювального потенціалу водних об'єктів, порушенні структури водоносних горизонтів та забрудненні підземних вод. Важливо зазначити, що дані моніторингу якості води у промислово навантажених районах демонструють перевищення допустимих концентрацій важких металів, сульфатів, фенолів, що пов'язано зі скиданням неочищених або недостатньо очищених стоків. Це безпосередньо впливає на здатність водних екосистем до самоочищення.

Ландшафти, які виконують функцію природних фільтрів, таких як болота, річкові заплави та озера, часто стають накопичувачами токсичних речовин із промислових стоків. Це призводить до скорочення їх екосистемних послуг,

зокрема очищення води, збереження біорізноманіття та регулювання мікроклімату [12].

Промислові стоки можуть знищувати місця проживання водних і прибережних видів флори та фауни, які є ключовими компонентами ландшафтів [26]. Це порушує природну рівновагу екосистем та знижує їх стійкість до подальших впливів.

Підвищене водогосподарське навантаження може спричинити зниження родючості ґрунтів через надмірне зволоження, засолення або хімічне забруднення. Окрім цього, неконтрольоване відведення стічних вод може інтенсифікувати ерозію, змінюючи природний рельєф ландшафтів.

Трансформація ландшафтів впливає на діяльність населення, зокрема сільського господарства, рекреаційної інфраструктури та водопостачання. Зміна ландшафтів може зумовлювати додаткові економічні витрати на відновлення природних ресурсів та адаптацію до нових екологічних умов.

Оцінка впливу скидання промислових стоків на стан водного середовища має враховувати ступінь антропогенної трансформації ландшафтів, адже цей чинник визначає здатність території до адаптації та відновлення. Для Львівської області необхідне комплексне зонування антропогенних змін із визначенням пріоритетних регіонів для природоохоронних заходів і впровадження сталих водогосподарських практик.

3.6 Оцінка ризиків скидання стічних вод та вплив кліматичних факторів на якість водних об'єктів

Дослідження, проведене з метою оцінки екологічних ризиків скидання стічних вод промисловими підприємствами, дозволило виявити ряд критичних чинників, які негативно впливають на якість водних об'єктів.

Основні ризики полягають у тому, що більшість скидів з промислових джерел містять значні концентрації забруднювачів, здатних змінювати екологічну рівновагу водних екосистем. Наприклад, концентрація важких металів у таких водах часто перевищує допустимі межі: свинець досягає 0,5–1,2 мг/л при ГДК $\leq 0,1$ мг/л, кадмій – 0,03–0,1 мг/л (ГДК $\leq 0,01$ мг/л), а ртуть – 0,005–0,02 мг/л, що також значно перевищує безпечний рівень.

Органічні забруднювачі є ще одним серйозним фактором ризику. Вміст фенолів у стічних водах становить 0,3–0,9 мг/л, при цьому ГДК для питної води – лише 0,001 мг/л, що говорить про необхідність додаткових заходів з очищення. Концентрація нафтопродуктів у деяких випадках сягає 10–15 мг/л, що значно перевищує ГДК, яка становить 0,3 мг/л. Ці забруднювачі підвищують хімічне споживання кисню (ХСК) у воді до 150–250 мг/л при нормі ≤ 30 мг/л, а також біохімічне споживання кисню (БСК) до 50–100 мг/л (при ГДК ≤ 3 мг/л для рибогосподарських водойм). Такий рівень забруднення створює умови для зниження рівня кисню, що є критичним для водних організмів [29].

Врахування кліматичних змін є важливим у контексті оцінки ризиків. З підвищенням температури прискорюються біохімічні процеси, які зумовлюють інтенсивніше розкладання органічних речовин у стічних водах, підвищуючи рівень БПК та ХСК, що ускладнює природне самоочищення водойм і може призвести до дефіциту кисню в екосистемах.

Кліматичні зміни, зокрема підвищення температури та частота екстремальних погодних явищ, підсилюють негативний вплив цих забруднень. Зростання температури на 1–2°C спричиняє зниження розчинності кисню у воді на 10–12%, що підсилює гіпоксію. Збільшення кількості екстремальних опадів на 15–25% упродовж останніх років призводить до збільшення обсягу поверхневого стоку, який переносить забруднюючі речовини у водні об'єкти. Це сприяє збільшенню середньорічної концентрації завислих речовин на 30–50 мг/л та БСК до 60 мг/л у період великих злив, що погіршує якість водних ресурсів і створює нерівномірний вплив на водні екосистеми.

Слід також врахувати, що зміни в режимах опадів та екстремальні зливи впливають на об'єм дощових вод, які несуть поверхневі забруднення, включаючи токсичні речовини з промислових територій та аграрних земель, у річки та озера. Такий водний потік є нерегулярним, що ускладнює контроль за рівнем забруднення. Крім того, кліматичні зміни можуть впливати на розведення стічних вод у природних водних об'єктах, що збільшує ризик локальних токсичних ефектів та порушення біорізноманіття.

Сильні зливи і паводки перенасичують каналізаційні та очисні системи, що призводить до скидання недостатньо очищених або навіть необроблених

стічних вод у природні водойми, викликаючи ризик поширення патогенів та токсичних речовин [25, 26, 30].

Посухи зумовлюють зниження об'єму води у водоймах, що збільшує концентрацію забруднювальних речовин, оскільки розбавлення відсутнє або є недостатнім. Підвищення солоності і концентрації токсичних речовин негативно впливає на водні екосистеми та створює стресові умови для організмів.

У зв'язку зі зростаючими ризиками, викликаними змінами клімату, підприємства повинні застосовувати гнучкі методи очищення стічних вод. Такі методи, як біоремедіація, використання штучних вологих зон або фільтрувальних систем на основі рослин, можуть забезпечити більш ефективне очищення у нових кліматичних умовах [1].

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що вплив промислових скидів на водні об'єкти є значним екологічним ризиком, який посилюється під дією кліматичних факторів. Необхідна подальша розробка адаптаційних стратегій та екологічних стандартів, які враховували б кліматичні зміни та їхній вплив на поведінку та концентрацію забруднювачів у водних ресурсах, що дозволить знизити загрозу для екосистем та забезпечити стійке управління водними об'єктами.

Дослідження, спрямовані на вдосконалення технологій обробки стічних вод, показують, що сучасні методи переробки здатні не лише ефективно очищувати стічні води, а й перетворювати їх у цінні ресурси. Інтегровані системи обробки стічних вод можуть слугувати джерелами відновлюваної енергії, добрив та питної води, що особливо важливо в умовах зростаючого попиту на ресурси.

Дослідження технологій обробки стічних вод з фокусом на отримання додаткових ресурсів показали значний потенціал перетворення стічних вод у цінні продукти. Завдяки впровадженню новітніх методів стало можливим виробництво енергії, добрив і навіть питної води, що не лише зменшує екологічний вплив стічних вод, але й підвищує рентабельність їх переробки, що особливо важливо в умовах зростаючого попиту на водні ресурси [29].

Стічні води з високим вмістом органічних речовин є джерелом біогазу, який можна використовувати для виробництва електроенергії та тепла. У

лабораторних і промислових умовах анаеробне бродіння дозволяє отримати до 0,3–0,5 м³ біогазу з 1 м³ стічних вод, що еквівалентно 6–10 кВт·год енергії. Наприклад, середній завод з переробки харчових відходів може виробляти до 500 м³ біогазу на день, чого вистачає для забезпечення близько 10–20% внутрішнього споживання енергії такого підприємства. Це сприяє як енергетичній незалежності підприємства, так і зниженню викидів парникових газів [34, 40].

Використання біологічних методів для видобування азоту та фосфору з стічних вод дозволяє виробляти високоякісні добрива. Зокрема, за допомогою процесу осадження струвіту (фосфат амонію-магнію), можна видобути до 90–95% фосфору та 80–85% азоту. У масштабах середнього міського очисного підприємства (на 100 тисяч м³ на добу) це дозволяє виробити до 5 тонн струвіту на день, що забезпечує близько 20–30 тонн фосфату на місяць. Це добриво є екологічно безпечним і може ефективно використовуватися для сільськогосподарських потреб [42].

Мембранні технології, такі як зворотний осмос та ультрафільтрація, забезпечують отримання високоякісної води з промислових та муніципальних стічних вод. Завдяки таким методам можливо досягти 99% видалення забруднень. Наприклад, при обробці 1 м³ стічних вод за допомогою зворотного осмосу виходить до 0,9 м³ очищеної води. На сучасних установках енерговитрати становлять близько 2–4 кВт·год на 1 м³ води, що є економічно вигідним варіантом отримання чистої води в районах із дефіцитом водних ресурсів. Для порівняння, міське підприємство може забезпечувати до 3000 м³ питної води на день при використанні мембранної технології з повторним використанням стічних вод, що задовольняє потреби невеликого міста з населенням до 20 тисяч осіб [45].

Таким чином, загальна ефективність технологій відновлення ресурсів зі стічних вод забезпечує економію природних ресурсів і зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище. Це дозволяє інтегрувати очисні споруди у цикл економічного використання ресурсів та розвивати концепцію кругової економіки в галузі водного господарства.

Пропонуємо основний акцент зробити на оптимізацію використання води, зменшення обсягів стоків та впровадження новітніх технологій очищення.

Результати показали, що системний підхід до управління стічними водами може значно зменшити забруднення і навіть дозволити отримання додаткових ресурсів, таких як біогаз та добрива.

З'ясовано, що завдяки впровадженню замкнутих циклів водопостачання на виробництвах, підприємства можуть зменшити обсяги стоків до 30-40%. Наприклад, на харчових підприємствах, де використовується до 300 м³ води на тонну готової продукції, впровадження систем повторного використання води може скоротити цей обсяг до 180 м³/тонну без зниження якості продукції. Таким чином, перехід до замкнутих водних циклів дозволяє значно економити як фінансові, так і природні ресурси.

Різні технології обробки стічних вод, такі як анаеробне очищення, мембранна фільтрація та фотокаталітичне очищення, показали високу ефективність у видаленні забруднень. Для підприємств, що використовують анаеробне очищення, ефективність видалення органічних речовин досягала 85-90% за показником ХСК (хімічне споживання кисню). Мембранна фільтрація дозволила знизити концентрацію завислих речовин до менше ніж 10 мг/л, що відповідає європейським екологічним стандартам. Наприклад, для харчової промисловості, де початковий рівень забруднення досягає 5000 мг/л за ХСК, мембранна фільтрація забезпечила очищення до рівня 50 мг/л [43].

З літературних джерел відомо, що анаеробне бродіння органічних стічних вод сприяє виробленню біогазу, який можна використовувати для енергопостачання підприємств. Підприємства харчової промисловості при обробці органічних стоків потужністю до 500 м³ на добу можуть виробляти до 150 м³ біогазу, що еквівалентно 750-800 кВт·год енергії. Це дозволяє підприємству частково компенсувати енергозатрати, а також зменшити викиди метану, які без обробки потрапляли б у атмосферу.

З'ясовано, що інвестиції в сучасні системи очищення стоків окупаються впродовж 3-5 років завдяки зниженню витрат на енергоспоживання та водопостачання. Так, впровадження замкнутої системи очищення води на середньому підприємстві дозволило зменшити річні витрати на воду до 50%, що в абсолютному вимірі може сягати до 100 тисяч доларів США на рік для підприємств середнього масштабу [48].

Системний підхід до управління стічними водами на підприємствах є ключовим для забезпечення екологічної безпеки та економічної ефективності. Дослідженнями науковців показано, що оптимізація водного циклу на підприємствах здатна зменшити обсяги забруднених стоків, підвищити рентабельність та забезпечити отримання додаткових ресурсів, що сприяє сталому розвитку підприємства й економіки в цілому.

3.7 Заходи щодо покращення якості водних ресурсів в умовах промислового забруднення

Проблема забруднення водних ресурсів промисловими стоками є однією з найгостріших екологічних викликів сучасності. Ураховуючи зростаючий антропогенний вплив, розробка і впровадження ефективних заходів для зменшення впливу промислових стоків є нагальною необхідністю. Для Львівської області, де концентрація промислових підприємств є високою, ці заходи мають стратегічне значення для збереження якості водних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки.

Передусім зменшення впливу промислових стоків може бути досягнуте шляхом оптимізації виробничих процесів, зокрема:

- впровадження технологій замкненого водного циклу, що передбачає повторне використання очищеної води у виробництві;
- заміна застарілого обладнання на енергоефективні установки, що знижують кількість забруднень;
- перехід на екологічно чисті сировинні матеріали, що утворюють менше токсичних відходів.

Оскільки, ефективне очищення стічних вод є ключовим елементом у запобіганні їх негативного впливу на водне середовище, то рекомендується:

- встановлення сучасних багатоступневих очисних споруд, що забезпечують механічну, біологічну та хімічну очистку;
- застосування мембранних технологій, які дозволяють затримувати навіть найдрібніші забруднювачі;
- використання адсорбційних матеріалів (наприклад, активованого вугілля) для видалення органічних і хімічних забруднень.

Для зменшення забруднення необхідно здійснювати постійний контроль за якістю стічних вод. До ключових заходів входять:

Впровадження автоматизованих систем моніторингу якості води, що дозволяють оперативно виявляти перевищення допустимих норм [34, 40].

Регулярні лабораторні дослідження на вміст забруднюючих речовин, таких як важкі метали, нафтопродукти, органічні сполуки тощо.

Складання екологічних паспортів підприємств із зазначенням впливу на водне середовище [38].

Важливо зазначити, що економічні механізми можуть стати ефективним інструментом у боротьбі із забрудненням. Серед них:

- введення екологічного податку для підприємств, які перевищують нормативи скидів;
- надання податкових пільг для компаній, що впроваджують екологічні технології;
- фінансова підтримка підприємств, які займаються модернізацією очисних споруд.

Для відновлення вже забруднених водних об'єктів необхідно здійснювати меліоративні заходи, зокрема очищення дна водойм від токсичних осадів; використовувати біологічні методи відновлення, наприклад, заселення водойм фільтруючими організмами; реалізовувати проєкти з озеленення прибережних зон для зменшення поверхневого стоку.

Удосконалення системи водоохоронних заходів у Львівській області можливе шляхом запозичення європейського досвіду. Це передбачає гармонізацію національного законодавства з Водною рамковою директивою ЄС; залучення міжнародних інвестицій для будівництва нових очисних споруд; спільні транскордонні проєкти для захисту водних ресурсів.

Зменшення впливу промислових стоків на водне середовище Львівської області вимагає комплексного підходу, який поєднує технологічні, економічні, правові й освітні інструменти. Реалізація запропонованих заходів сприятиме збереженню якості водних ресурсів, підвищенню екологічної безпеки регіону та сталому розвитку промисловості.

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 проектів 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 водою 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

Досліджено, що водні об'єкти Львівської області, зокрема річки Західний Буг, Дністер та їхні притоки, перебувають під значним антропогенним впливом. Основними джерелами забруднення є промислові стоки, сільськогосподарські відходи, комунальні скиди та атмосферні викиди.

Проаналізовано ефективність аналітичного методу для дослідження стічних вод з промислових джерел, який дозволяє оцінити рівень забруднення стічних вод та скласти висновки щодо їх складу. Цей метод включав вимірювання фізичних, хімічних і біологічних характеристик промислових стоків.

Антропогенна трансформація ландшафтів Львівської області під впливом промислового навантаження створює значний тиск на водні ресурси, погіршує їхній якісний стан та знижує екологічну стабільність регіону.

У 2023 році обсяг забору води з підземних джерел у Львівській області знизився на 8,965 млн м³ порівняно з 2022 роком, досягнувши 148,017 млн м³, тоді як обсяг забору з поверхневих джерел зріс на 0,6 млн м³, до 26,769 млн м³. Це свідчить про поступове зміщення акценту на використання поверхневих джерел, які є більш вразливими до забруднення.

Обсяги скидання стічних вод у поверхневі водні об'єкти складають значну частину водовідведення, зокрема для таких галузей, як металургія та хімічна промисловість. Наприклад, металургійні підприємства часто скидають стічні води з високим вмістом важких металів, які є токсичними навіть у концентраціях до 0,01 мг/л.

У регіоні спостерігається зниження ефективності очисних споруд через їхній високий рівень зношеності (до 70% на деяких об'єктах). Це призводить до того, що в середньому лише 60–70% забруднень видалається зі стічних вод.

У 2023 році на виробничі потреби у Львівській області було використано 35,605 млн м³ води, що на 1,844 млн м³ більше, ніж у 2022 році. Це вказує на зростання промислового навантаження на водні ресурси.

У 2023 році господарсько-питне використання води зросло до 57,038 млн м³ (на 6,749 млн м³ більше, ніж у 2022 році), що вказує на збільшення попиту на якісну воду в умовах забруднення.

Виробничі підприємства області скидають до 240 млн м³ стічних вод на рік. Близько 30% із них недостатньо очищені, що зумовлює підвищення рівня токсичності водойм.

Аналіз показує, що концентрація важких металів у стічних водах перевищує допустимі норми в кілька разів. Наприклад, вміст кадмію може досягати 0,5 мг/л, що суттєво перевищує допустиму норму в 0,01 мг/л.

Неефективність септичних систем та систем очищення стічних вод спричиняє забрудненню озер, річок і підземних вод. Хоча такі стоки вважаються відходами, значну частину цих вод можна відновити для повторного використання. З огляду на глобальну водну кризу та очікуваний дефіцит води в майбутньому, стічні води від промислових підприємств швидко набувають цінності, вважаються альтернативним джерелом придатної для використання води.

Через річки Західний Буг і Сян, які є транскордонними водними об'єктами, проблема промислових скидів Львівської області набуває міжнародного масштабу. Забруднені стоки, що потрапляють у ці річки, рухаються до Польщі, створюючи ризики для екосистем сусідніх країн. Отже, підкреслює необхідність міжнародного екологічного моніторингу, взаємодії та розробки спільних заходів для контролю та попередження негативних екологічних наслідків.

Слід звернути увагу на висновки науковця М. В. Матвійчука щодо потенціалу нейронних мереж. Завдяки здатності до самонавчання та адаптацій до змінюваних умов, модель штучної нейронної мережі (ANN) може значно покращити процес очищення стічних вод, автоматично вибираючи оптимальні налаштування системи. Це сприяє ефективному видаленню забруднювальних речовин і зниженню експлуатаційних витрат. Окрім цього, модель ANN надає широкий спектр можливості для аналізу та прогнозування впливу промислових стоків на природу та екосистему. Передусім дозволить оцінювати екологічні ризики забруднення водного середовища та розробляти оптимальну стратегію для зменшення негативних впливів на довкілля.

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», Київ. 2021, 32 с.
2. Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Гігієна води та водопостачання населених місць: навчальний посібник. Одеса: «Прес-кур'єр». 2021. 188 с.
3. Босак П. В., Попович В.В. Екологічна небезпека підтериконових стічних вод Нововолинського гірничопромислового району EcoLab. Том 1 : монографія. Львів: ЛДУ БЖД, 2022. 231 с.
4. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії / Зелінський С. Е. Кропивницький. 2022. 44 с.
5. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text
6. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління / А.В. Яцик та ін. Київ: Генеза, 2007. 360 с.
7. 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)
8. Ганущак Мар'яна, Тарасюк Ніна Водний чинник в розвитку і функціонуванні природно-антропогенних комплексів басейну річки Стир: монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2019. 236 с.
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/Vnuvgp_sg_2013_3_5
10. Голодовська О.Я. Басейновий принцип управління екологічною безпекою Західного Бугу (на прикладі Львівської області) : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 21.06.01, 2019. Львів. 25 с.

11. 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.

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

13. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. <https://deplv.gov.ua/>

14. Директива Ради 98/83 / ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» Верховна Рада України. офіційн. сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963

15. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області за 2020–2024 рр. Львів. 2020. 2021. 2022. 2023. 2024.

16. 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 (дата звернення: 16.08.2020)

17. Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей / О.Г. Васенко та ін. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2010. Вип. XXXII. С. 36–54.

18. 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 (дата звернення: 05.09.2019)

19. 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.)

20. Жукінський В.М. Екологічний ризик та екологічні збитки якості поверхневих вод: актуальність, термінологія, кількісна оцінка Водні ресурси. 2003. Т. 30, № 2. С. 213-321.

21. Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2023, № 58, ст.181).
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2887-20#Text>

22. Злочевський М. В., Петрук Г. М., Клименко М. О., Древецький В. В. Відновлення водних екосистем малих річок України. *Вісник Інженерної академії України*. 2010. Вип. 3-4. С. 227-230.

23. 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.

24. Забезпечення екологічної безпеки поверхневих джерел водопостачання в умовах упровадження положень Водної рамкової директиви ЄС: монографія / В. Л. Безсонний. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2023. 114 с.

25. Комп'ютерне моделювання процесів біологічного очищення стічних вод в аеротенках із пластинами / М. М. Біляєв, М. В. Лемеш, В. В. Біляєва [та ін.] // *Наука та прогрес транспорту*. 2020. № 5(89). С. 5-14.

26. Кошелева О. Поводження з водними стоками промислових підприємств: запитання й відповіді. *Журнал головного інженера*. 2021. № 2(50). С. 58-65.

27. Лаврик О. Д. Л-13 Річкові ландшафтно-технічні системи: монографія. Умань : ВПЦ «Візаві», 2015. 301 с.

28. Малько О.Д., Закоморна К.О. Імплементация європейських стандартів у законодавче забезпечення постачання питної води. *Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту: матеріали конференції*. Харків 8-9 грудня 2022 року. Харків. 2022. С. 211-214.

29. Матвійчук М. В. Оптимізація стоків з використанням нейронної мережі при очищенні промислових стічних вод. *Artificial Intelligence*. 2023 № 2.
<https://doi.org/10.15407/jai2023.02.107>

30. Методологія визначення фізичних параметрів зворотних вод при їх надходженні до поверхневих водойм різного типу / В. Ісаєнко, В. Фролов, С. Мадж, О. Машков // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 2020. Вип. 30. С. 41-49.

31. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / за заг. ред. В.Д. Романенко та ін. Київ: Символ-Т, 1998. 28 с.

32. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / ред. А.В. Яцик та ін. Київ : УНДІВЕП, 2007. 71 с.

33. 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.

34. Нестер А. А. Стічні води підприємств та їх очищення : монографія / А. А. Нестер, Н. М. Корчик, Б. А. Баран. Хмельницький : ХНУ, 2008. 171 с

35. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов / за ред. В. К. Хільчевського. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2015. 172 с.

36. Піндер В.Ф., Попович В. В., Босак П. В. Рекультиваційні заходи зниження техногенного впливу породних відвалів вугільних шахт на довкілля EcoLab. Том 2 : монографія. Львів: ЛДУ БЖД, 2023. 245 с.

37. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0403-02#Text>

38. Правове регулювання охорони вод від забруднення відходами промисловості. <http://surl.li/nfucxf>

39. Руденко Л.Г. Екологічна оцінка сучасного стану поверхневих вод (методичні аспекти) / Л.Г. Руденко, О.І. Денісова, А.В. Яцик // *Укр. геогр. журн.* 1996. № 3. С. 35-38.

40. Севостьянов І. В. Розробка технології для високоефективного безперервного очищення стічних вод переробних підприємств / І. В.

Севостьянов, О. А. Токарчук, А. А. Горбаченко // Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2020. № 3(110). С. 103-116.

41. Україна та Угода про асоціацію: моніторинг виконання/ URL: <http://ucep.org.ua/doslidzhennya/ukrayina-ta-ugoda-pro-asotsiatsiyu-monitoringvykonannya-z-1-grudnya-2016-roku-do-1-lystopada-2017-roku.html>

42. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Стельмах В.Ю. Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Київ: ДІА, 2023. 228 с

43. Царик Л.П. Природокористування та охорона природи у басейнах малих річок: монографія / 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. Цветкова Г., Закорчевна Н. Водна безпека України в розрізі 6 водних Директив ЄС. <https://ecolog-ua.com/news/vodna-bezpeka-ukrayiny-v-rozrizi-6-vodnyh-dyrektyv-yes>

45. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2018. 343 с.

46. Шіпка М. З. Геоекологічний стан басейну р. Полтви та його оптимізація. Дис. канд. геогр. наук: 11.00.11 / ЛНУ імені І. Франка. Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, 2021. 332 с.

47. Яцик А.В. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод Волинської області / А.В. Яцик, І.В. Гопчак // Водне господарство України. 2007. № 2. С. 20-24.

48. 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.

49. European Water Charter URL: <https://iea.uoregon.edu/treaty-text/1968-europeanwatercharterentxt>

50. «Open environment» (<http://www.openenvironment.org.ua/>)

51. Regulation of 4 December 2001 No. 1372 concerning water supply and water intended for human consumption (Drinking Water Regulations) URL: <https://app.uio.no/ub/ujur/oversatte-lover/data/for-20011204-1372-eng.pdf>