

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

**Кафедра сталого природокористування
та захисту довкілля**

Допускається до захисту
" _____ " _____ 2025р.

Зав. кафедри _____
(підпис)

доцент, к.б.н. П.Р.Хірівський
наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр

(рівень вищої освіти)

на тему: **«Технологічні аспекти очищення стічних вод та екологічна безпека поверхневих вод на території міста Львова»**

Виконала студентка групи Тз-41
183 Технології захисту навколишнього
середовища
Древаль Надія Володимирівна

Керівник Юстина Жиліщич
Консультант Юрій Ковальчук

Львів 2025 року

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

Рівень вищої освіти «бакалавр»
Спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри. _____
к.б.н., доцент П.Р.Хірівський
" _____ " _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студентки
Древаль Надії Володимирівни

1.Тема роботи: «Технологічні аспекти очищення стічних вод та екологічна безпека поверхневих вод на території міста Львова»

Керівник кваліфікаційної роботи Жилищич Юстина Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Затверджені наказом по університету від “ ” 2023 р. № _____

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 16 червня 2025 року

3.Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, інтернет джерела, журнали

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

I. Огляд літератури

1.1 Особливості господарсько-питного водоспоживання та джерела водопостачання в Україні

1.2 Антропогенне навантаження на водні ресурси урбанізованих територій.

1.3. Технології та процеси очищення стічних вод в Україні

II. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЬВОВА

2.1 Рельєф і геоморфологічні особливості Львова

2.2 Кліматичні умови та заходи з адаптації Львова до наслідків зміни клімату

2.3 Гідрографічна мережа Львівської області

III РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Львівводоканал: історія становлення та розвитку

3.2 Система водопостачання

3.3 Система водовідведення

3.4 Характеристика очисних споруд

3.5 Вимоги до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до міської каналізаційної мережі

3.6 Обґрунтування технології обробки осаду стічних вод

3.7 Гідрографічна та гідроекологічна характеристика річки Полтва

IV ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз стану охорони праці в лабораторії

4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки при роботах в лабораторії

Висновки

Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу рисунки, світлини

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3	Жиліщич Ю.В., доцент кафедри екології		
4	Ковальчук Ю.О. доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва		

7. Дата видачі завдання 16.11.2023

Календарний план

№п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу 1: Огляд літератури	16.11.23-19.03.24	
2	Написання розділу 2: Природно-кліматична характеристика Львова	20.03.24-10.09.24	
3	Написання розділу 3 Результати досліджень	11.09.24-10.12.24	
4	Написання розділу 4: Охорона праці	11.12.24-19.04.25	
	Підготовка висновків, оформлення бібліографічного списку	20.04.25-11.06.25	

Студент _____ (Надія ДРЕВАЛЬ)
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ (Юстина ЖИЛІЩИЧ)
(підпис)

УДК 628.3:504.45(477.83-25)

«Технологічні аспекти очищення стічних вод та екологічна безпека поверхневих вод на території міста Львова». Древаль Н.В. Кваліфікаційна робота. Кафедра сталого природокористування та захисту довкілля. Львів, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2025.

73 ст. текст. част., 8 табл., 7 рис., 33 джерел.

У кваліфікаційній роботі розглянуто технологічні аспекти очищення стічних вод та їх вплив на екологічну безпеку поверхневих вод на території міста Львова. Проведено огляд наукової, технічної та нормативної літератури щодо сучасних методів очищення стічних вод, а також досліджень впливу неочищених скидів на стан водних екосистем. На основі аналізу літературних джерел систематизовано підходи до застосування механічних, біологічних і хімічних методів очищення, а також окреслено перспективи впровадження інноваційних технологій.

Проаналізовано сучасний стан системи водовідведення та очищення у місті Львові, виявлено основні джерела забруднення та оцінено ефективність діючих технологій. Особливу увагу приділено впливу застарілої інфраструктури, неконтрольованих промислових скидів та кліматичних змін на якість водних ресурсів. У межах дослідження проведено аналіз фізико-хімічних показників стічних вод і гідрохімічного стану поверхневих водойм.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Особливості господарсько-питного водоспоживання та джерела водопостачання в Україні.....	9
1.2 Антропогенне навантаження на водні ресурси урбанізованих територій.....	14
1.3 Технології та процеси очищення стічних вод в Україні.....	20
2 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЬВОВА.....	24
2.1 Рельєф і геоморфологічні особливості Львова.....	24
2.2 Кліматичні умови та заходи з адаптації Львова до наслідків зміни клімату.....	26
2.3 Гідрографічна мережа Львівської області.....	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
3.1 Львівводоканал: історія становлення та розвитку.....	32
3.2 Система водопостачання».....	34
3.3 Система водовідведення.....	35
3.4 Характеристика очисних споруд.....	36
3.5 Вимоги до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до міської каналізаційної мережі.....	40
3.6 Обґрунтування технології обробки осаду стічних вод.....	48

3.7	Гідрографічна та гідроекологічна характеристика річки Полтва.....	50
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
4.1	Аналіз стану охорони праці в лабораторії	60
4.2	Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки при роботах в лабораторії.....	64
	ВИСНОВКИ	68
	Список використаної літератури.....	71

ВСТУП

Актуальність теми. Очищення стічних вод є однією з ключових екологічних проблем сучасного урбанізованого суспільства. У місті Львові, де інтенсивне господарське та промислове навантаження суттєво впливає на стан водних ресурсів, ефективне очищення стічних вод є критично важливим для забезпечення екологічної безпеки поверхневих вод. Забруднення водойм органічними речовинами, важкими металами, мікропластиком та іншими шкідливими компонентами створює загрозу для здоров'я населення та біорізноманіття регіону. У місті особливо актуальною є проблема очищення стічних вод, підвищення ефективності їх технологічного приведення до стану екологічної придатності, для покращення екологічного стану природних річкових систем в які відбуваються скиди стічних вод.

Проблема також посилюється застарілою інфраструктурою очисних споруд, недостатнім рівнем контролю за скидами промислових підприємств та змінами кліматичних умов, які впливають на якість водних ресурсів. Неефективні методи очищення можуть спричинити накопичення забруднень у водоймах, що ускладнює їх подальше використання для питного водопостачання, рекреаційних потреб та підтримання екологічного балансу.

Дослідження сучасних технологічних аспектів очищення стічних вод, пошук інноваційних методів їх обробки та впровадження екологічно безпечних рішень є необхідними кроками для покращення ситуації. Це сприятиме не лише збереженню водних ресурсів Львова, а й підвищенню якості життя його мешканців.

Метою дослідження є аналіз існуючих та перспективних технологій очищення стічних вод, які необхідно запровадити у Львові з метою підвищення їх ефективності та мінімізації негативного впливу на поверхневі води.

Завдання дослідження:

- Оцінити сучасний стан системи очищення стічних вод у місті Львові.
- Проаналізувати основні технології очищення стічних вод та їх ефективність.

- Дослідити вплив стічних вод на екологічний стан поверхневих водойм.
- Запропонувати шляхи вдосконалення технологій очищення стічних вод.

Об'єктом дослідження є система очищення стічних вод у місті Львові. Предметом дослідження є технологічні аспекти очищення стічних вод та їх вплив на екологічний стан поверхневих вод.

Методи дослідження:

Аналіз літературних джерел та нормативно-правових документів щодо очищення стічних вод.

Порівняльний аналіз ефективності різних технологій очищення.

Оцінка екологічного стану поверхневих водойм на основі гідрохімічних показників.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному аналізі ефективності сучасних технологій очищення стічних вод у Львові та їх впливу на екологічний стан поверхневих водойм. Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо оптимізації технологій очищення стічних вод для зменшення екологічного навантаження на водні ресурси регіону.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Особливості господарсько-питного водоспоживання та джерела водопостачання в Україні

У межах міста водні ресурси використовуються різними категоріями споживачів. Нижче подано таблицю 1.1 з прикладами головних типів водокористувачів та їх основного призначення.

Таблиця 1.1 – Основні споживачі водних ресурсів у межах міста

Категорія водокористувачів	Приклади об'єктів	Основне призначення використання води
Населення / Житловий сектор	Житлові будинки, багатоповерхівки, приватні домогосподарства	Пиття, гігієна, приготування їжі, прибирання, полив
Промислові підприємства	Заводи, фабрики, ТЕЦ, хімкомбінати, нафтопереробні заводи	Технологічні процеси, охолодження, миття, виробництво
Комунальні підприємства	Водоканали, очисні споруди, ТЕЦ, служби благоустрою	Очищення та подача води, тепlopостачання, технічні потреби
Соціально-культурні об'єкти	Школи, лікарні, дитсадки, ресторани, автомийки	Господарські, санітарні та спеціальні потреби
Агросектор на міських околицях	Теплиці, ферми, присадибні господарства	Полив, догляд за тваринами, мийка техніки

За Водним кодексом України усі суб'єкти, що беруть воду, належать до первинних (з власними водозабірними спорудами) або вторинних водокористувачів. Відповідно до цього виділяють такі основні категорії в містах:

Населення (домогосподарства) – громадяни, що споживають воду для питних і господарсько-побутових потреб. Це вторинні водокористувачі, які отримують воду через місцеві водоканали.

Промисловість – підприємства машинобудування, хімічної, харчової, енергетичної, металургійної тощо, що використовують воду у виробничих процесах (охолодження, миття обладнання, технологічні потреби). Багато промислових споживачів мають власні водозабірні споруди (первинні водокористувачі).

Комунальні підприємства – муніципальні служби водопостачання, каналізації та господарства, що обслуговують інфраструктуру (перекачування, очищення питної води, видалення та очищення стоків). У ширшому сенсі сюди входять також інші комунальні служби (теплогенерація, вуличне прибирання), які використовують воду для технологічних потреб [1].

Соціально-культурні заклади – школи, лікарні, інститути, офісні будівлі, магазини, громадські установи, заклади відпочинку тощо. Вода тут витрачається на санітарно-побутові потреби (туалети, душові, мийні) та допоміжні цілі (харчоблоки, басейни, фонтани, полив територій).

Аграрний сектор (околиця міста) – сільськогосподарські підприємства поблизу міста (ферми, плодові сади, городи, поля) зрошують землі та поють худобу. Хоч для великих міст питома вага цього сектору невелика, він залишається найбільшим водокористувачем у масштабі країни.

Основні сфери використання води

Населення: Вода йде на пиття, приготування їжі та питних напоїв, санітарно-гігієнічні потреби (умивання рук, душ, ванни, прання), прибирання (миття підлоги, посуду), полив присадибних ділянок і клумб біля будинків. Таблиця 1.2 демонструє нормативи споживання води для господарсько-питних

потреб у населених пунктах України, диференційовані за ступенем благоустрою житлових будівель. У таблиці представлено середньодобові та максимальні добові норми водоспоживання на одну особу, а також коефіцієнти нерівномірності водокористування — добовий і погодинний. Це дозволяє оцінити не лише середній обсяг водоспоживання, а й його коливання у часі.

Нормативні стандарти та звички забезпечують зниження споживання – за даними Держстату на 2021 рік на кожного громадянина припадало близько 90–100 л/добу.

Таблиця 1.2 – Норми господарсько-питного водокористування в населених пунктах України

Ступінь благоустрою будівель	Норма використання води на одного жителя, л*		Коефіцієнт нерівномірності	
	середньодобова (за рік)	максимальна на добова	добовий	погодинний
Водопровід, каналізація і центральне гаряче	275-400	300-420	1,09-1,05	1,26-1,20
Водопровід, каналізація і ванни з газовими	180-230	200-250	1,11-1,09	1,30-1,25
Водопровід, каналізація	125-150	140-170	1,12-1,13	1,50-1,40

*Більші значення норми водокористування застосовуються в південних районах, менші - в північних.

У середньому один мешканець України споживає близько 326 літрів води на добу. Цей показник є вищим за нормативи багатьох європейських країн: у Болгарії середнє добове водоспоживання становить 200 л/добу, у Румунії —

230 л/добу, Польщі — 240 л/добу, а в Угорщині — в межах 250–350 л/добу. Значно вищі показники зафіксовано у США, де водоспоживання досягає 455 л/добу на одну особу. Для порівняння, у країнах, що розвиваються, зокрема в регіонах Центральної Африки та Близького Сходу, середнє добове споживання води обмежується лише 10–15 літрами. Відповідно до стандартів Організації Об'єднаних Націй, оптимальним рівнем водоспоживання вважається 200 л/добу на одну особу.

Комунально-побутове водоспоживання в Україні характеризується нерівномірністю як упродовж року, так і протягом доби. У літній період спостерігається зростання обсягів споживання води через інтенсивніше її використання на побутові потреби, поливання зелених насаджень, тротуарів і вулиць. У холодну пору року водоспоживання суттєво знижується, при цьому відхилення від середньорічного рівня сягає 15–20 %. Добове споживання також є нерівномірним: понад 70 % загального обсягу води використовується в денний час. Ця динаміка відображається у відповідних коефіцієнтах добової та погодинної нерівномірності, які визначаються як відношення максимального споживання до середнього.

Вода, що постачається через комунальні водопровідні системи, повинна відповідати вимогам державного стандарту, зокрема щодо її фізичних, хімічних і бактеріологічних властивостей. У системах господарсько-питного водопостачання перевага надається підземним водам, які мають низку важливих переваг у порівнянні з поверхневими джерелами. Зокрема, вони краще захищені від забруднення та випаровування, відзначаються стабільністю обсягів незалежно від сезонних або багаторічних змін, а також можуть видобуватись безпосередньо поблизу місць споживання.

Сьогодні значна кількість українських міст задовольняє потреби у воді саме за рахунок підземних вод. У таких областях як Луганська, Волинська, Закарпатська, Житомирська, Кіровоградська, Рівненська, Полтавська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Херсонська та Чернівецька частка використання підземних вод для господарсько-питного забезпечення сягає 50–80 %. Міста

Львів, Полтава, Хмельницький, а також 27 міст обласного підпорядкування та низка селищ міського типу в північних і західних регіонах (зокрема, Глухів, Ковель, Миргород, Ніжин, Нововолинськ, Сарни тощо) повністю залежать від підземних джерел водопостачання [4, 10, 21].

У сільській місцевості підземні води відіграють ще важливішу роль — близько 80 % сільського населення користується виключно цими джерелами. Загалом по Україні частка підземних вод у структурі господарсько-питного водопостачання становить 54 %, що свідчить про їхнє стратегічне значення у забезпеченні населення якісною питною водою.

Промисловість: Використовує воду як технічний ресурс: охолоджує обладнання на ТЕС, АЕС, для гідрореакторів тощо; бере участь у хімічних та фізичних виробничих процесах (розчинники, демінералізація); очищує та змиває вапняні та інші відкладення з устаткування. Додатково вода потрібна для соціальних потреб працівників (технічні туалети, душові на промпідприємствах), а також для систем протипожежного захисту.

Комунальні підприємства: Насамперед споживають воду у власних технологічних процесах очищення та подавання питної води населенню. Тут витрачається ресурс на промивання фільтрів, регенерацію смол на станціях знезалізнення, обслуговування насосних станцій та резервуарів. Також це стосується мереж водовідведення — для промивання каналів і знезараження очисних споруд. Комунальне господарство (водоканал) розподіляє воду між усіма категоріями споживачів у місті.

Соціально-культурні заклади: Використовують воду аналогічно домогосподарствам, але в більших масштабах залежно від призначення закладу. Наприклад, лікарні та навчальні заклади забезпечують гуртожитки, їдальні й стерилізацію, а готелі, спортивні комплекси та ресторани мають підвищені потреби в питній воді і гарячому водопостачанні. Парки та стадіони міста споживають воду на полив (особливо влітку) і наповнення фонтанів. Таким чином цю категорію слід розглядати як частину муніципальних споживачів з акцентом на громадські функції.

Аграрний сектор: На околицях міст (сади, баштанні господарства, фермерські поля) головним чином проводиться зрошення полів і полив садів, а також водопоїння худоби. Ця категорія є значною у масштабах області чи країни, проте у межах щільно забудованого міста її частка у міському балансі води вкрай низька.

В Україні за даними Держводагентства найбільшим споживачем прісної води залишається аграрний сектор – 4,4 км³ у 2019 р. (≈40% загального забору. Промисловість використовує близько 4,3 км³ (≈39, а водокористування у комунальній сфері (населення, міські служби) – приблизно 2,4 км³ (≈22. За офіційними даними, у 2019 р. з 6,82 млрд м³ використаної прісної води на виробничі потреби припадало ≈65% (4,723 млрд м³), а на побутові і санітарно-гігієнічні потреби населення – лише ≈16% (1,148 млрд м³). Решта споживання припадає на зрошення (≈18%) та інші потреби. Відповідно, у складі міського балансу переважають галузі з високим промисловим водоспоживанням: у індустріальних містах (наприклад, зі станціями ТЕС чи металургійними заводами) питома вага промислових потреб може перевищувати половину всіх відборів. У той же час у менш індустріалізованих містах, навпаки, основними водокористувачами є населення та комунальні служби[5, 8, 23].

1.2 Антропогенне навантаження на водні ресурси урбанізованих територій

Урбанізація є одним із головних процесів сучасного світу. З ростом міст з'являються нові проблеми, зокрема забруднення навколишнього середовища. Одним із найбільш вразливих компонентів природного середовища є водні ресурси. Міста, з їх великою кількістю промислових підприємств, транспортних засобів та великим скупченням населення, є основними джерелами забруднення вод. Це негативно впливає не тільки на якість питної води, а й на здоров'я населення та екосистеми в цілому.

Водні ресурси міст зазнають забруднення з багатьох джерел. Головні антропогенні джерела включають промислові стоки, господарсько-побутові стоки (комунальні стоки), поверхневий міський стік (дощовий стік, від комунальної інфраструктури), атмосферні осадки та сільськогосподарські стоки на околицях міста. Також суттєвий вплив мають аварійні скидки з каналізаційних мереж, звалища відходів та стоки з автотранспортних мереж. За типом джерел забруднювачі поділяють на точкові (випуски стічних вод із підприємств, очисних споруд) і розсіяні (розсіяне стічне скидання, аграрні та транспортні стоки) [1, 23, 5].

Очищення стічних вод відіграє ключову роль у збереженні екологічної рівноваги, оскільки забруднення водних ресурсів є однією з найбільших екологічних проблем сучасності. Водні об'єкти, такі як річки, озера та підземні води, є основним джерелом питної води, і їх забруднення може призвести до серйозних наслідків для здоров'я населення, деградації екосистем та зниження біорізноманіття.

Екологічна безпека водних ресурсів передбачає впровадження ефективних технологій очищення стоків, що дозволяють зменшити концентрацію шкідливих речовин до рівня, безпечного для довкілля. Сучасні очисні системи спрямовані на усунення біологічних, хімічних та фізичних забруднень, що потрапляють у воду внаслідок промислової, комунальної та сільськогосподарської діяльності.

Промислові підприємства (металургійні, хімічні, нафтопереробні, гірничодобувні, текстильні тощо) скидають у водойми великі обсяги токсичних речовин. Склад забруднень: типово це важкі метали (наприклад As, Cd, Pb, Cr, Ni, Hg, Cu, Zn), неорганічні кислоти та луги, нафтопродукти, розчинники, феноли, пестициди тощо. У стічних водах фабрик часто фіксують надзвичайно високі концентрації важких металів: вони є стійкими, нерозкладними і кумулюються в організмах, що загрожує здоров'ю людей та стійкості екосистем. Наприклад, промислове виробництво коксу, металургія, обробка руди та хімпром генерують надмір важких металів (Al, Pb, Zn, Ni, Mn тощо), які

виявляються у воді та осаді річок, отруюючи їх і накопичуючись у харчових ланцюгах

Міські системи водовідведення переважно збирають і скидають стоки з побутових потреб (туалети, кухні, ванни, прання). У складі побутових стоків – велика кількість органічних речовин (виділення людини, харчові відходи, миючі засоби), зважених часток і колоїдного органічного матеріалу, що виснажує вміст кисню у водоймах (сприяючи зростанню показників БСК, ХСК).

Таблиця 1.3 – Гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у водоймах різних категорій водокористування

Водойми рибогосподарського призначення			Водойми господарсько-питного та культурно-побутового призначення		
Назва інгредієнта	Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, $мг/дм^3$	Назва інгредієнта	Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, $мг/дм^3$
Свинець (Pb^{2+})	Загально-санітарний	0,1	Нікель (Ni^{2+})	Санітарно-токсикологічний	0,1
Кадмій (Cd^{2+})	Токсикологічний	0,005	Кадмій (Cd^{2+})		0,01
Кобальт (Co^{2+})		0,01	Барій (Ba^{2+})	Органолептичний	4,0
Нікель (Ni^{2+})		0,01	Ртуть (Hg^{2+})	Загально-санітарний	0,005
Стирол	Органолептичний	0,1	Цинк (Zn^{2+})		1,0
Бензол	Токсикологічний	0,5	Молібден (Mo^{2+})		0,5
Фенол	Рибогосподарський	0,001	Фенол	Органолептичний	0,001
Нафтопродукти		0,05	Дихлоретан		2,0

Крім того, такі стоки містять макроеlementи (азот у формі амонію, нітратів; фосфор) та солі, а також побутову хімію (детергенти, жири), нафтопродукти від автівок, харчові жири, фарби, солі важких металів із пральних порошків тощо.

Стічні води з міста містять також шкідливі речовини : фармацевтичні препарати, гормони, ПАР (поверхнево-активні речовини), мікропластик, бактерії та віруси. Наприклад, в стічних водах часто зустрічаються залишки медикаментів та мікропластикові фрагменти, а концентрації патогенних мікроорганізмів (вірусів гепатиту, ентеровірусів, кишкової палички, сальмонел, холерних вібріонів) надзвичайно високі.

Нерідко каналізаційні системи переповнюються: наприклад, близько 80% міських і промислових стоків у світі скидається без належного очищення. Це призводить до масового потрапляння неочищених побутових стоків до річок і озер, спричиняючи епідемії. За оцінками, близько 1,8 млрд людей користуються джерелами питної води, забрудненої фекаліями, що провокує захворювання (холера, дизентерія, черевний тиф, поліомієліт. Важливим компонентом є й аварійні скидки й витoki з каналізаційних мереж – розгерметизація труб та перевантаження очисних споруд призводять до безпосереднього потрапляння нечистот у водойми.

Поверхневий міський стік (урбаністичні стоки та атмосферний стік). При опадах на міські поверхні (дороги, дахи, тротуари) накопичуються зважені тверді частинки, нафтопродукти (масла, бензини), важкі метали з автомобільного та дорожнього пилу, пестициди з газонів і парків, а також ендокринні та синтетичні забруднювачі. Як показали дослідження, міський дощовий стік містить дуже високі концентрації зважених речовин (TSS), вищі, ніж у очищених стоках: наприклад, TSS у міському стоку значно перевищував стандартні значення очищених стічних вод. Крім того, у стічних водах міст відзначаються підвищені рівні ХСК/БСК, порівнянні з побутовими стоками, що вказує на велике навантаження органіки. Особливо небезпечними у міському стоку є важкі метали: автотранспорт і дорожні покриття – основні джерела Cu,

Pb, Zn, Cd. Наприклад, у дослідженні наводиться, що мідь, свинець і цинк є найбільш поширеними пріоритетними забруднювачами міського стоку. Їх концентрації часто перевищують екологічні стандарти та можуть завдавати гострої чи хронічної токсичної дії для організмів. До міського стоку також потрапляє азот і фосфор з добрив газонів та слаборозведених стічних вод, що стимулює евтрофікацію водойм. Атмосферні опади можуть нести розчинені гази (NO_x , SO_x – кислоти) і дрібні частинки металів, які приносять розчинені забруднювачі у водойми; внесок осаджень може бути суттєвим у місцях із високим забрудненням повітря. Хоча в чистому дощовому стоку менше патогенів, ніж у каналізаційних, все ж до водойм із дощем можуть потрапляти фекальні коліформи і кишкові бактерії (від вуличного сміття, тварин, птахів. У підсумку міський поверхневий стік сильно погіршує якість рік (запливи мулом, гірші кисневі умови, отруєння організмів металами й органікою

Хоча сільське господарство розташоване поза межами забудованих зон, стічні води з полів і ферм часто потрапляють у міські водоносні ріки. До них належать розчини добрив (нітрати, фосфати), пестициди, гербіциди, сечовина та стоки тваринницьких комплексів (органічні речовини, нітроген, іноді антибіотики). В таких стоках можуть міститися важкі метали з агрохімікатів (наприклад Cd, Pb, Cr, As, Ni, Cu, Zn), які накопичуються у водоймах. Внесення нітратів/фосфатів призводить до активного росту водоростей і цвітіння водойм (евтрофікація), а деякі метали (Cd, Pb, As тощо) є високотоксичними для людини та тварин при потрапленні у воду. Крім того, на полях часто використовують зрошення технічною водою й стічними водами, що посилює акумуляцію солей і забрудників у ґрунті й поверхневому стоку. Таким чином, хоча сільгосп утримання не є типовою міською діяльністю, воно важливо для навколomisських водозбірних басейнів і впливає на якість питних вод у містах[6, 7, 11, 25]

За міжнародними оцінками, близько 80% стічних вод світу повертається в довкілля без очистки.

Промислові й комунальні підприємства скидають у природні водойми мільярди кубометрів забрудненої води щорічно. Наприклад, лише в басейн річки Ганг щоденно викидається на сотні мільйонів літрів неочищених стоків. Хімічний аналіз міських стоків показує високу різноманітність забруднювачів. Побутові та промислові стоки містять органічні сполуки (жири, білки, вуглеводи, нафтопродукти, миючі засоби), розчинені солі (натрій, хлориди, сульфати, хромати тощо), біогенні елементи (N, P), а також десятки небезпечних мікро-компонентів (важкі метали, феноли, ПХБ, ПАР, пестициди, залишки фармацевтичних препаратів). Зокрема, важкі метали (Cd, Pb, Hg, Cr, As, Cu, Zn) вважаються одним з найсерйозніших забруднювачів через їхню токсичність, біоаккумуляцію та стійкість. Наприклад, сполуки свинцю і кадмію знайдено у значних концентраціях як у промислових стічних водах, так і в міських ґрунтах та руслі річок великих міст. Органічне навантаження (COD, BOD) у комунальних стоках часто вимірюється сотнями міліграмів на літр, а у міському поверхневому стоку воно може бути порівнянним з очищеними господарськими стічними водами, що позначається на показниках кисню у річках. Обсяги звалищних фільтратів також зростають: з відкритих сміттєзвалищ витікають стоки з важкими металами і вуглеводнями, які проникають у підземні та поверхневі води. Крім того, міграційні шляхи забруднень через атмосферу сприяють зростанню додаткових антропогенних навантажень на екосистеми. Атмосферні опади переносять розчинені гази (нітрати, сульфати, важкі метали), пил із промислових викидів і автомобільних вихлопів, а також мікропластик із повітря, що все разом поповнює міські водойми.

Забруднення води в містах призводить до руйнування водних екосистем і шкоди здоров'ю. Багато знайдених забруднювачів мають гостру чи хронічну токсичність. Важкі метали (Cd, Pb, Hg, As, Cr тощо) отруйні для риби, безхребетних і водних рослин: вони порушують метаболізм, репродукцію й призводять до смертності організмів, часто накопичуються у тканинах риб та концентруються в харчовому ланцюгу. Кишкові патогени і віруси в

неочищених стоках спричиняють епідемії кишкових інфекцій у населення (холера, дизентерія, гепатит А, кишковий тиф).

Наприклад, ВООЗ оцінює, що мікробіологічне забруднення питної води спричиняє понад 500 тис. смертей від діареї щороку.

Нітроген та фосфор у стоках викликають цвітіння води (евтрофікацію): це знижує рівень кисню, вбиває риб та створює токсичні синьо-зелені водорості. Синтетичні детергенти та органічні речовини довго зберігаються у водах і глибоко впливають на водний організм: як зазначено, контактування із такою забрудненою водою може викликати інтоксикацію організму, ураження нервової системи, гіпертонію, рак та інші патології у людини. Внаслідок забруднення погіршується якість питної води, зростає корозія водопровідних мереж і знижується пропускна здатність водоносів міста.

Підсумовуючи, забруднення водних ресурсів у містах є комплексною та багатогранною проблемою, що вимагає інтегрованого підходу до її вирішення. Це включає впровадження ефективних систем моніторингу якості води, розробку та застосування передових технологій очищення стічних вод, оптимізацію міської інфраструктури водовідведення, контроль за промисловими та сільськогосподарськими джерелами забруднення, а також підвищення екологічної свідомості населення. Збереження чистоти водних ресурсів є критично важливим для забезпечення сталого розвитку міст, підтримання здоров'я населення та збереження біорізноманіття водних екосистем.

1.3 Технології та процеси очищення стічних вод в Україні

Очищення стічних вод починається із попереднього очищення. Початкова стадія, спрямована на видалення великих, грубих твердих частинок та абразивних матеріалів, таких як пісок та гравій, з потоку неочищених стічних вод для захисту механічної цілісності та ефективності роботи обладнання при подальшому очищенні. Загальні процеси включають проціджування через

решітки та видалення піску в пісковловлювачах.

Первинне очищення (механічне) полягає у використанні таких фізичних процесів, як осадження (або відстоювання) для видалення твердих частинок, що осідають, зі стічних вод, а також часто включаючи флотацію для видалення легших матеріалів, таких як жири, масла та мастила, які спливають на поверхню[33]. Стічні води після первинного очищення все ще містять значну кількість розчинених та завислих органічних речовин.

Вторинне очищення (біологічне) включає використання біологічних процесів розкладу органічної речовини з використанням метаболічної активності мікроорганізмів (бактерій та інших мікробів) для розщеплення та видалення більшої частини біорозкладних органічних речовин, присутніх у стічних водах[26]. Це зазвичай досягається за допомогою таких процесів, як процес активованого мулу, де мікроорганізми культивуються у зваженому стані, або за допомогою біофільтрів, де мікроорганізми ростуть на твердому носії.

Третинне очищення (глибоке) застосовується для видалення конкретних забруднюючих речовин, які можуть бути недостатньо видалені на попередніх стадіях. Ці забруднюючі речовини можуть включати залишкові завислі речовини, поживні речовини, такі як азот та фосфор, патогенні мікроорганізми та нові забруднюючі речовини, такі як мікропластик.¹³ Загальні технології третинного очищення включають різні форми фільтрації (наприклад, піщані фільтри, мембранні фільтри), дезінфекцію з використанням таких методів, як хлорування або ультрафіолетове (УФ) випромінювання, та передові процеси окиснення для стійких забруднюючих речовин.

Оновлена Директива ЄС про очищення міських стічних вод робить особливий акцент на впровадженні третинних і навіть четвертинних стадій очищення для ефективного видалення мікрозабруднюючих речовин та вирішення нових екологічних проблем [13], що свідчить про майбутній напрямок розвитку українських стандартів.

Обробка осаду(біошламу) що утворюється на різних стадіях очищення

стічних вод включає згущення, зброджування (як анаеробне, так і аеробне), зневоднення та, зрештою, утилізацію (наприклад, на полігонах) або корисне використання (наприклад, як добриво або меліорант ґрунту) [14]. Правильне поводження з осадом є критично важливим для запобігання вторинному забрудненню навколишнього середовища.

Всебічний аналіз ефективності різних методів очищення стічних вод, які зараз використовуються або досліджуються в Україні для досягнення необхідних екологічних стандартів для широкого спектру забруднюючих речовин[2]. Це повинно включати обговорення ефективності видалення ключових параметрів, таких як БСК₅, ХСК, завислі речовини, поживні речовини та патогени, для різних конфігурацій очищення (наприклад, активованій мул порівняно з біофільтрами порівняно зі ставками-накопичувачами). Визнання та обговорення проблем, з якими стикається Україна через застарілу інфраструктуру очищення стічних вод у багатьох районах, наголошення на нагальній потребі в модернізації та оновленні для ефективного виконання поточних та майбутніх екологічних норм[13].

Інноваційні технології очищення стічних вод, повинні включати передові біологічні методи очищення, які забезпечують покращене видалення забруднюючих речовин та знижене споживання енергії. Високу ефективність демонструють технології мембранних біореакторів (МБР), які поєднують біологічне очищення з мембранною фільтрацією для отримання високоякісних стічних вод.

Перспективними є технології виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування осаду та повторного використання очищених стічних вод для різних побутових цілей, таких як зрошення або промислові процеси. Це узгоджується з принципами циркулярної економіки.

Постає необхідність автоматизації, цифрових технологій та інтелектуальних систем моніторингу в оптимізації роботи та продуктивності очисних споруд стічних вод, що призводить до підвищення ефективності, зниження експлуатаційних витрат та кращого дотримання екологічних

стандартів[23, 25, 27].

Україна перебуває на критичному етапі розвитку системи управління стічними водами, стикаючись з подвійними викликами модернізації застарілої інфраструктури та впровадження більш передових технологій для відповідності дедалі суворішим екологічним нормам, особливо в контексті узгодження з директивами ЄС. Впровадження інновацій, зосередження на відновленні ресурсів та використання цифрових рішень стануть ключем до досягнення більш ефективних та екологічно обґрунтованих практик управління стічними водами.

2 ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЬВОВА

2.1 Рельєф і геоморфологічні особливості Львова

Львівська область характеризується складним рельєфом та значною різноманітністю форм поверхні. Північні райони розташовані в межах Малополіської рівнини (частина Волинської височини), де абсолютні висоти не перевищують 200–300 м. Центральна частина представлена горбогірними височинами Подільської та Люблінської височин, що включають передгір'я та остепнені ділянки (Розточчя, Гологори, Вороняки, Львівське Опілля) з абсолютними висотами близько 300–450 м. Наприклад, Розточчя — це вузький височинний кряж, вкритий лісами, що простягається із заходу на схід (переважно 300–400 м). На півдні області розташовані Карпатські передгір'я та Східні Карпати: Передкарпаття представлене пологими схилами (300–700 м), а масиви Сколівських та Бещадських Бескидів досягають ~800–1100 м (максимальні вершини — близько 1200–1300 м). Через область проходить головний європейський вододіл, який розділяє басейни Балтійського та Чорного морів.

Територія Львівської міської громади розташована на східному схилі Львівського плато у передкарпатській зоні. Регіон знаходиться на стику Південно-Західної частини Східно-Європейської платформи (Подільської плити) та Карпатської складчастої області. У межах області проходить контакт між цими великими тектонічними структурами — між древнім платформним фундаментом і зоною Східних Карпат (Передкарпатський прогин). Це зумовлює наявність на південь від Львова флішевих відкладів Передкарпатського прогину та покривних осадових порід міоценового віку [14].

У межах міста Львова переважно залягають осадові відклади: верхньокрейдові (сенонські) глинисті мергелі та крейдові вапняки, перекриті пізньоміоценовими (сарматськими) піщано-глинистими відкладами та

лесовидними лесовими суглинками четвертинного періоду. Значні площі покриті потужним четвертинним чохлам (стислі льодовиково-алювіальні суглинки та леси) до 10–20 м завтовшки, що приховує виходи давніх порід. В урочищах річок та ярах виходи крейдових та міоценових порід іноді добре експонуються. На ділянках високого рельєфу на глибині збереглися кристалічні породи платформи (базальти, гнейси), проте на поверхню міста вони не виходять (осадовий чохол багат шаровий).

Глибше під Львовом можуть залягати перспективні пласти нафтогазоносних відкладів (Львівсько-Волинський басейн), але власні родовища корисних копалин у межах міста відсутні або не розробляються (Рис. 2.1).

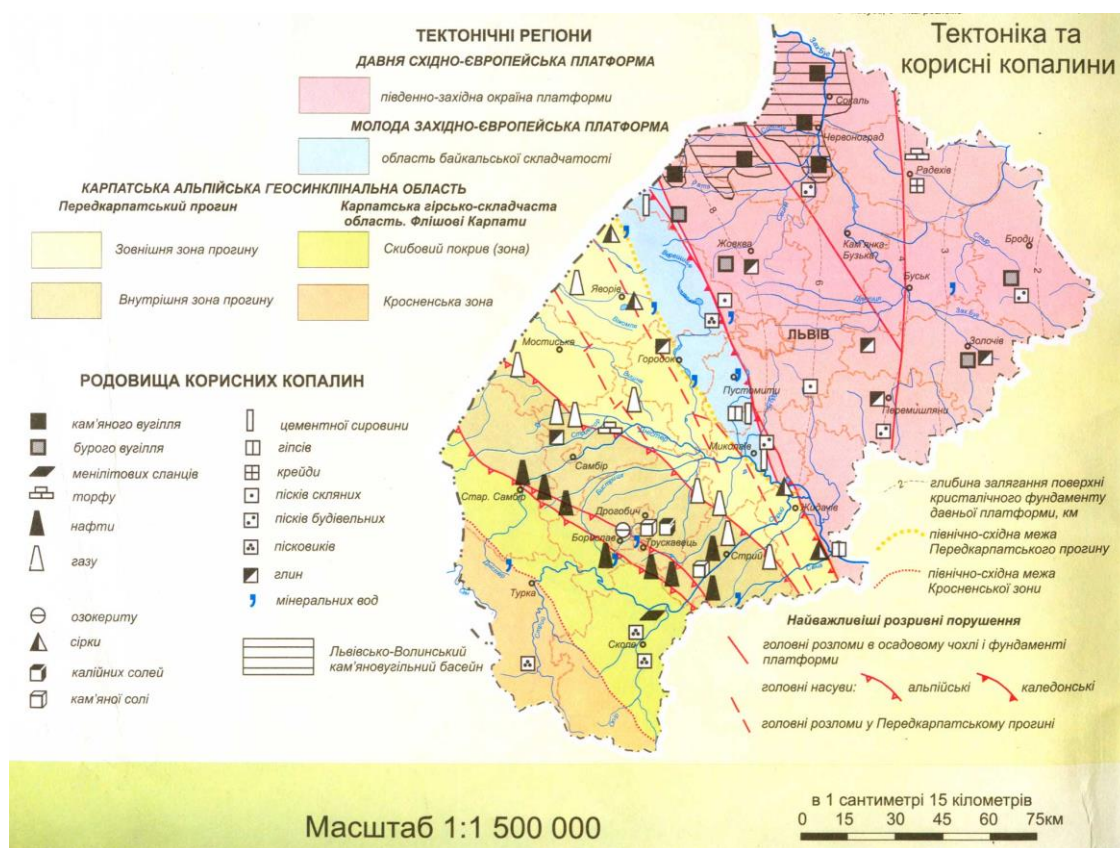


Рисунок 2.1 – Карта тектонічної будови і корисних копалин Львівської області

Місцеві відклади мають певний економічний потенціал як будівельна та сировинна база. У кар'єрах поблизу Львова експлуатуються піски, глини та леси для будівництва, а з вапнякових товщ (особливо сарматських вапняків) видобувають будівельний камінь. Крейдові мергелі, багаті карбонатами, потенційно придатні для виробництва цементу. В умовах міста корисні копалини пов'язані переважно із сенонськими, сарматськими та четвертинними відкладами. Львів розташований у відносно безпечній сейсмічній зоні (практично відсутні сильні землетруси). Жодних активних розломів, що становлять загрозу міським будівлям, у межах міста не виділено. Епізодично мешканці можуть відчувати підземні поштовхи від віддалених карпатських чи землетрусів з епіцентрами за кордоном, проте локальних сильних сейсмічних подій в історії Львова не зафіксовано.

2.2 Кліматичні умови та заходи з адаптації Львова до наслідків зміни клімату

Клімат Львова класифікується як помірно континентальний з рисами океанічного впливу, що зумовлює м'яку зиму та відносно тепле, але не спекотне літо. Такий тип клімату формується під впливом західного переносу повітряних мас із Атлантики, а також близькості до Карпатського хребта, який впливає на розподіл опадів та температуру повітря.

Середньомісячна температура повітря у Львові в зимовий період (січень) становить приблизно -3°C , а влітку (червень) – близько $+20^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури був зафіксований у серпні 1921 року і становив $+37,0^{\circ}\text{C}$, тоді як абсолютний мінімум $-33,6^{\circ}\text{C}$ зареєстрований 10 лютого 1929 року.

Загалом, за останнє століття (приблизно 100–120 років) спостерігається тенденція до підвищення температурного режиму. Середньорічна температура повітря зросла приблизно на 1°C , що свідчить про прояви глобального потепління і вплив змін клімату на регіональному рівні.

Вологість повітря у Львові досить висока протягом усього року, середньорічне значення становить 79 %. Це зумовлює підвищене відчуття сирості, особливо у холодний період. Атмосферна циркуляція представлена переважно західними вітрами, які приносять вологе морське повітря. Рідше спостерігаються північно-східні вітри, що зумовлюють короточасні похолодання.

За кількістю опадів Львів посідає одне з перших місць серед обласних центрів України, що зумовлено менш вираженою континентальністю клімату та впливом Карпат. У середньому за рік у місті випадає близько 740 мм атмосферних опадів. Найбільше опадів припадає на липень, а найменше – на січень. Середня кількість днів з опадами протягом року становить 174, що означає, що майже кожен другий день у місті є дощовим. Через це Львів неофіційно називають «містом, приреченим на дощ», що знайшло відображення у творчості місцевих поетів, музикантів та художників [14, 32].

Для кожної пори року характерні значні коливання атмосферного тиску, температури та вологості. Зимі у Львові, як правило, м'які, зі стійким сніговим покривом, який не утворюється щорічно. Температури нижче -20°C трапляються рідко. Весна часто буває прохолодною та дощовою; у період до початку травня можливі зворотні заморозки та навіть снігопади. Літо характеризується помірними температурами: середньоденні значення зазвичай коливаються в межах $+21\text{--}26^{\circ}\text{C}$. Проте в останні роки, на фоні кліматичних змін, частішають періоди спеки з температурою вище $+30^{\circ}\text{C}$. У літній період характерні короточасні, але інтенсивні грозові дощі, часто із різкими перепадами температури при проходженні атмосферних фронтів.

Ці особливості клімату міста Львова мають важливе значення як для життєдіяльності населення, так і для планування міського простору, проєктування інженерної інфраструктури, збереження культурної спадщини та охорони навколишнього середовища.

Заходи з адаптації міста Львова до наслідків зміни клімату.

На основі оцінки вразливості м. Львова до кліматичних змін встановлено, що найвищу загрозу для міського середовища становить тепловий стрес. За відповідною шкалою ризику, цей фактор отримав 15 балів із 24 можливих. Тому при формуванні адаптаційної політики міста ключову увагу зосереджено на заходах, що зменшують вразливість населення та інфраструктури до екстремально високих температур.

Адаптація до теплового стресу як пріоритетний напрям міської кліматичної політики. Основні заходи, спрямовані на зниження впливу теплового стресу:

1. Запровадження системи попередження про надмірну спеку з використанням різних каналів комунікації: Інтернет, факсимільний зв'язок – для установ, SMS-повідомлення, радіо, телебачення – для населення. Паралельно здійснюється інформаційна кампанія щодо правил поведінки під час хвиль спеки.
2. Переведення екстрених служб у режим підвищеної готовності у періоди високих температур (медицина, пожежна охорона).
3. Оснащення медичних закладів системами кондиціювання та заходами для створення термічного комфорту, зокрема зовнішнє затінення будівель.
4. Адаптація робочих графіків установ, які надають послуги населенню, з урахуванням пікових температур.
5. Поширення інформації про правила безпеки в умовах спеки на медіа-ресурсах, зокрема правила гідратації та протипожежної безпеки.
6. Створення прохолодних просторів у соціально важливих закладах (дитсадки, школи, лікарні, геріатричні установи) та облаштування додаткових затінених зон у місцях масового перебування.
7. Моніторинг вразливих груп населення та організація мереж підтримки – добровольчих груп для надання допомоги літнім людям.
8. Створення мережі питних фонтанів і бюветів у міських зонах.

9. Розробка інтерактивних карт зон з комфортним мікрокліматом (парки, сквери, водойми) із розміщенням відповідної інформації на туристичних мапах.
10. Заохочення забудовників до впровадження термостійких матеріалів для покриття тротуарів і автостоянок, створення пористих поверхонь.
11. Розширення зелених насаджень у місті, зменшення площі штучних поверхонь.
12. Використання світловідбивних матеріалів у будівництві, застосування зелених дахів і стін.
13. Інженерні рішення для зменшення проникнення сонячного випромінювання всередину приміщень, включаючи архітектурне затінення й ландшафтне озеленення.
14. Освітні кампанії для мешканців щодо правильного використання приміщень у спекотні періоди.
15. Розвиток «блакитної інфраструктури» міста – створення і підтримка водойм, фонтанів, ставків.

2.3 Гідрографічна мережа Львівської області

Львівська область характеризується розвиненою гідрографічною мережею, яка нараховує понад 8950 річок. Загальна протяжність річок області становить 16 343 км. Крім постійних водотоків, навесні під час танення снігу та влітку під час інтенсивних і тривалих дощів утворюються тисячі тимчасово діючих водотоків.

Розподіл річок за основними річковими басейнами є нерівномірним. Переважна більшість річок належить до басейнів: Дністра (5738 річок); Західного Бугу (3213 річок). Незначна частина водотоків відноситься до басейнів річок Сян (Сану) та Прип'ять.

Оскільки територія Львівської області розташована в межах Головного європейського вододілу, для неї характерне переважання дрібних річок, які є витоками більших водних артерій, таких як Дністер та Західний Буг.

З урахуванням загальної кількості річок Львівської області, їх розподіл за протяжністю є таким: 8756 річок (97%) мають протяжність до 10 км., 176 річок — від 10 до 50 км, 16 річок — від 50 до 100 км. Лише 3 річки мають протяжність понад 100 км: Дністер, Стрий та Західний Буг.

Середня густота річкової сітки значно варіюється залежно від басейну та географічної зони: У басейні Західного Бугу середня густота становить 0,35 км/км². У басейні Дністра цей показник коливається від 0,7 км/км² у Передкарпатті до 1,5 км/км² у Карпатах [14].

У деяких річках стік у кожному сезоні може становити менше 50% від середніх багаторічних значень. Загальне уявлення про середні річні витрати води на річках області подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Середні витрати води в ріках

Назва ріки	Станція (пост)	Середні річні витрати води, м ³ /сек.
Вишня	Твіржа	2,67
Західний Буг	Кам'нька-	10,3
Полтва	Буськ	6,05
Рата	Межиріччя	7,04
Свиня	Нестеров	0,39
Дністер	Стрілки	5,13
Дністер	Журавне	124,0
Сірівігор	Луки	7,67
Верешиця	Комарне	2,97
Колодниця	Криниця	1,60
Стрий	Матків	3,06
Стрий	Новий	45,2
Яблунька	Турка	2,25
Опір	Сколе	15,2
Славка	Славське	1,68

Розподіл річкового стоку протягом року характеризується нерівномірністю, що зумовлено розподілом опадів у басейнах річок, температурним режимом повітря, а також антропогенною діяльністю.

Більша частина річного стоку, а саме 60–70%, припадає на літньо-осінній період (травень–листопад), тоді як решта 30–40% формується взимку та навесні. Проте, як у багатоводні, так і в маловодні роки спостерігаються відхилення від типового розподілу стоку. Найбільш водоносним у межах області є Дністер, середньомісячна витрата води якого біля села Журавне дорівнює $124 \text{ м}^3/\text{с}$.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Львівводоканал: історія становлення та розвитку

Комунальне підприємство «Львівводоканал» є одним із найстаріших і найважливіших підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України, що забезпечує водопостачання та водовідведення у місті Львові та навколишніх населених пунктах. Його історія нерозривно пов'язана з урбанізаційними процесами, гігієнічними стандартами та соціально-економічним розвитком регіону.

Перші згадки про організовану систему водопостачання у Львові датуються XIII століттям. Уже в середньовічні часи місто вирізнялося складною системою громадських колодязів і дерев'яних трубопроводів, прокладених від джерел, зокрема Високого Замку. У 1407 році було збудовано перший дерев'яний водогін, що доставляв воду до міста із джерел біля сучасної вул. Замкової. Протягом наступних століть водогінна мережа поступово модернізувалася: дерев'яні труби замінювались на металеві, а водозабірні споруди ставали дедалі ефективнішими.

Становлення сучасного Львівводоканалу розпочалося у другій половині XIX століття, коли розвиток міської інфраструктури потребував створення централізованої системи водопостачання. У 1901 році в експлуатацію було введено перший механізований водозабір у Львові – Білогорщанське водозабірне джерело, що дало початок технічно оснащень системі водопостачання. У 1908 році почалося будівництво каналізаційної мережі відповідно до європейських стандартів того часу[23].

У міжвоєнний період (1918–1939 рр.) Львівське водопровідне господарство активно розширювалося. Було введено в дію нові насосні станції, резервуари чистої води, а також збільшено протяжність водопровідної та каналізаційної мереж. У 1936 році частково було модернізовано очисні споруди та проведено інвентаризацію водопровідних систем.

У повоєнні десятиліття відбувалася масштабна реконструкція зруйнованої інфраструктури. Львівводоканал став одним із провідних підприємств у системі комунального господарства УРСР. У цей період було розширено водозабірні станції (зокрема «Винниківський», «Стрийський», «Миколаївський»), збудовано нові магістральні водогони, введено в дію очисні споруди, а також забезпечено повну централізацію водопостачання і каналізування Львова.

З моменту здобуття Україною незалежності Львівводоканал функціонує як комунальне підприємство, що дотримується принципів сталого розвитку, орієнтованого на підвищення якості послуг та екологічну безпеку. У 2000-х роках підприємство розпочало впровадження автоматизованих систем обліку води, модернізацію насосного обладнання, санацію трубопроводів та реалізацію енергоощадних програм.

Окрему увагу було зосереджено на екологічному менеджменті: реконструйовано очисні споруди міста, впроваджено сучасні технології знезараження води (зокрема гіпохлоритом натрію замість газоподібного хлору), а також розпочато процес впровадження циркулярної економіки у водному господарстві. Підприємство активно співпрацює з міжнародними фінансовими інституціями (Європейський банк реконструкції та розвитку, Північна екологічна фінансова корпорація – NEFCO), що сприяє залученню інвестицій у сферу модернізації водопровідно-каналізаційної інфраструктури.

Сьогодні Львівводоканал обслуговує понад 700 тисяч мешканців, щодня транспортує і очищає десятки тисяч кубометрів води, забезпечуючи життєдіяльність міста. У структурі підприємства функціонують водозабірні станції, насосні комплекси, хімічні лабораторії, диспетчерські служби, аварійні бригади та інші спеціалізовані підрозділи [23].

3.2 Система водопостачання

Львівське міське комунальне підприємство «Львівводоканал» виконує ключову функцію у забезпеченні міста Львова, його передмість та промислових об'єктів питною водою для господарсько-побутових і виробничих потреб. Крім того, підприємство приймає стічні води на власні каналізаційні очисні споруди, де здійснюється їх очищення з подальшим скиданням у річку Полтва.

Система водопостачання міста організована за кільцевим принципом, що забезпечує рівномірний розподіл води та підвищену надійність функціонування. До складу системи входять водозабори підземних вод, розташовані навколо міста на відстані від 20 до 105 км. Залежно від їх географічного положення, водозабори поділяються на чотири групи: Північну, Західну, Південну та Східну [23].

Після забору води свердловинами (насосні станції першого підйому), вона транспортується збірними водогонами до насосних станцій другого підйому, серед яких: Зарудці, Плугів, Миколаїв, Глинна Наварія, Малечковичі, Будзень II, Кам'яноброди, Великополе, Воля Добростанська. Далі вода надходить до насосних станцій третього підйому (Збойськ, Винники, Сихів, Сокільники, Будзень III, Карачинів), де, як і на другому етапі, розміщені хлораторні установки для знезараження води.

Очищена вода подається магістральними трубопроводами до міста, де розподіляється між споживачами через міську водопровідну мережу. У разі потреби, для забезпечення стабільного тиску, використовуються насосні станції четвертого підйому (Кривчиці, Довга, Янівська, Північна, Телецентр та інші локальні підкачувальні станції).

На насосних станціях II, III та IV підйомів функціонують резервуари чистої води, в яких вона накопичується протягом доби. Подача води до споживачів здійснюється згідно з графіком, що враховує попит та забезпечує безперебійне водопостачання. [23]

Тупикові ділянки водогонів регулярно піддаються санітарній обробці, включаючи промивання та дезінфекцію відповідно до чинних гігієнічних вимог.

3.3 Система водовідведення

Через територію міста Львова проходить гідрографічна межа вододілу між басейнами Балтійського та Чорного морів, що зумовлює особливості функціонування його каналізаційної системи. Залежно від належності територій до певного басейну, система водовідведення міста реалізована за двома типами: загальносплавною — у межах басейну Балтійського моря, та повністю роздільною — у межах басейну Чорного моря.

У загальносплавні колектори, що охоплюють стару частину міста, надходять господарсько-побутові стоки з житлових мікрорайонів, промислові та дощові води, а також вода з джерел річки Полтва.

Натомість у новозабудованих районах, які відносяться до басейну Чорного моря, діє система повного розділення стоків. У господарсько-побутову мережу надходять стоки від житлових кварталів, промислових об'єктів та перші порції дощової води (відповідно до п.15.9 «Правил користування системами комунального водопостачання та водовідведення в містах і селищах України», обсяг цих вод становить до 20% загального об'єму атмосферних опадів). При цьому дощова каналізаційна мережа в таких районах станом на сьогодні не передана на баланс ЛМКП «Львівводоканал».

Основні каналізаційні колектори транспортують стічні води до міських очисних споруд, розташованих на вул. Пластовій. До складу каналізаційних очисних споруд (КОС) входять дві технологічні лінії біологічного очищення. Найважливішими елементами міської каналізаційної інфраструктури є каналізоване русло річки Полтва, IV каналізаційний колектор, а також щитовий колектор глибокого залягання, що огинає Львів із заходу та приєднується до річкової системи Полтви [23] .

Розділення потоків стічних вод відбувається поблизу вулиці Липинського, біля будівлі держадміністрації. Там розміщено спеціальний бар'єр, через який, у разі перевищення проектної пропускної здатності під час сильних дощів або паводків, надлишок стоків спрямовується до колектора Полтви.

IV каналізаційний колектор збирає стоки зі значної частини центрального Львова та транспортує їх на першу технологічну лінію очисних споруд (потужність — 150 тис. м³/добу), розташовану на правому березі Полтви. Водночас стоки, які надходять по каналу Полтви, спрямовуються на другу технологічну лінію з потужністю 340 тис. м³/добу, що функціонує на лівому березі річки.

На розподільчому гідротехнічному вузлі здійснюється поділ стічного потоку на три категорії:

- господарсько-побутові стоки, які очищуються в період сухої погоди;
- дощові стоки, що надходять на очистку;
- надлишкові дощові води, які у випадку паводків скидаються аварійно, без очистки.

Під час дощів частина стічних вод направляється з гідровузла у чотири секції земляних накопичувачів-відстійників загальним об'ємом 51,2 тис. м³. Звідти, за допомогою насосів, вода рівномірно протягом доби подається на біологічну очистку разом із побутовими стоками.

Станом на сьогодні очисні споруди міста не спроможні повністю обробляти обсяги стічних вод, що надходять у періоди злив чи паводків — до 600 тис. м³/добу.

3.4 Характеристика очисних споруд

Міські каналізаційні очисні споруди Львова розташовані в заплавної частині річки Полтва на північно-східній околиці міста. Комплекс споруд

включає дві основні технологічні лінії, що побудовані на обох берегах річки в кілька етапів.

Очисні споруди першої та другої черг (перша технологічна лінія) загальною потужністю до 140 тис. м³/добу були збудовані у 1958–1978 роках на правому березі р. Полтва. Наступні — третя та четверта черги (друга технологічна лінія) — із сумарною потужністю 350 тис. м³/добу — реалізовані у 1983–1985 роках на лівому березі річки.



Рисунок 3.1 – Каналізаційні очисні споруди м. Львова

Стічні води надходять до споруд першої технологічної лінії через IV каналізаційний колектор. На початковому етапі очищення вода проходить через решітки грубого очищення з просвітами 190 мм, а далі – через механізовані решітки типу МГ-8Т, що здійснюють відділення крупних включень.

Після цього потік прямує через водовимірювальний лоток Паршалья на пісколовки, де видаляються мінеральні домішки. Наступним етапом є первинне відстоювання, під час якого із води осідають грубодисперсні завислі речовини з вищою або нижчою густиною порівняно з водою. Осад з первинних відстійників транспортується на мулові майданчики для зневоднення, тоді як освітлена вода спрямовується в аеротенки для біологічного очищення.



Рис. 3.2 – Аеротенки повного біологічного очищення стічних вод.

У робочих секціях рис. 3.2 спостерігається активне насичення суміші мулу і стічної води киснем за допомогою системи аерації. Видно поверхневу турбулентність, характерну для процесу окиснення органічних речовин мікроорганізмами активного мулу. Центральний місток слугує для технічного обслуговування та контролю за роботою обладнання. На першій черзі функціонують чотири секції трикоридорних аеротенків, а на другій — три секції чотирикоридорних. У цих спорудах відбувається інтенсивна аерація стоків та активна взаємодія з мікроорганізмами, що розкладають органічні речовини.

Мулова суміш із аеротенків потрапляє у вторинні відстійники, де активний мул відділяється від очищеної води, яка далі скидається в р. Полтва. Частина мулу повертається в аеротенки для підтримання процесу, тоді як надлишковий мул транспортується на мулові майданчики для висушування до вологості 65%.



Рисунок 3.3 – Вторинний радіальний відстійник на очисних спорудах.

Стічні води надходять на другу технологічну лінію через закрите каналізоване русло річки Полтва. Загальний принцип очищення аналогічний до першої лінії, однак передбачає більшу продуктивність і дещо іншу конфігурацію споруд. Основними очисними елементами тут є 10 секцій аеротенків-освітлювачів, у яких реалізується повноцінне біологічне очищення. Після завершення цього етапу стоки спрямовуються у контактний канал, а з нього — у річку Полтва.

Процеси аерації мулової суміші, рециркуляції активного мулу та видалення надлишків мулу забезпечуються компресорною станцією, що подає повітря до відповідних секцій. Надлишковий активний мул транспортується на спеціальну насосну станцію для подальшої переробки та зневоднення.



Рисунок 3.4 – Проведення ремонтно-оглядових робіт у вторинному радіальному відстійнику на території очисних споруд.

3.5 Вимоги до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до міської каналізаційної мережі

Аналіз хімічного складу зворотних вод та вод річки Полтва проводився у період з червня по грудень 2023 року фахівцями хімічної лабораторії ТзОВ «Євроекоскоб» (атестат акредитації № РЛ 112/97 від 12 грудня 2020 р., виданий Львівським центром стандартизації та метрології). Для оцінювання якісних характеристик зворотних вод використовувалися нормативні документи: Постанова Кабінету Міністрів України № 1100 від 11 вересня 1996 р. та КНД 211.1.2.008-94 «Гідросфера. Правила контролю складу і властивостей стічних та технологічних вод».

Результати лабораторних досліджень фіксувалися у робочому журналі, після чого проводилася камеральна обробка отриманих даних із визначенням середньозважених показників забруднення, що надалі використовувалися для машинного розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС).

Систематичний моніторинг стану річки Полтва здійснюється Львівським центром з гідрометеорології. Безперервний контроль за якісними характеристиками зворотних вод у річці веде хіміко-бактеріологічна лабораторія ЛМКП «Львівводоканал» [23].

До міської каналізаційної мережі дозволяється скидати лише ті стічні води, які не порушують експлуатацію каналізаційних мереж і споруд, є безпечними для обслуговуючого персоналу та можуть ефективно очищуватися на спорудах біологічного очищення разом із побутовими стічними водами відповідно до встановлених вимог до скидання зворотних вод у річку Полтву. Скидання стічних вод з перевищенням гранично допустимих концентрацій (ГДК) категорично забороняється.

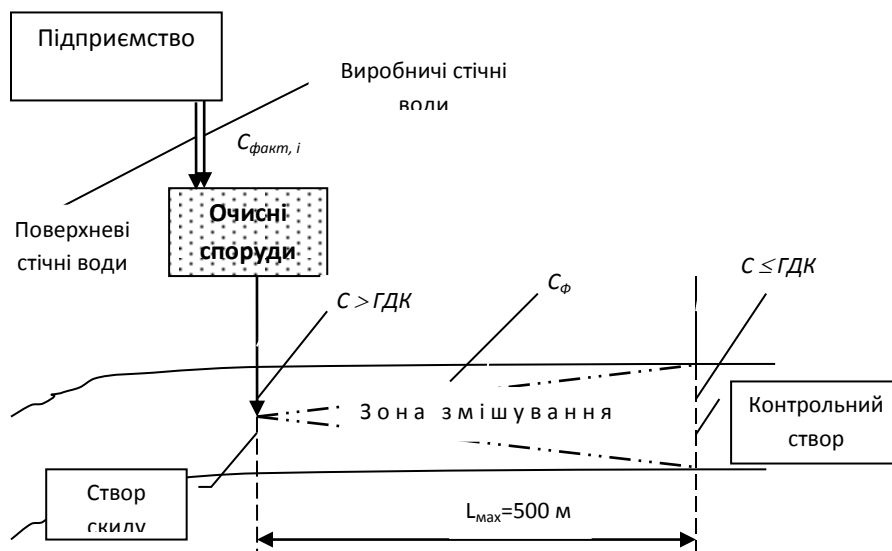


Рис. 3.4 – Схема нормування забруднюючих речовин у водотоці

Стічні води можуть бути прийняті до міської каналізації лише за умови відповідності їхнього якісного складу та режиму скидання умовам дозволу на скидання.

Стічні води, які утворюються в результаті експлуатації відстійників та вигрібних ям і не скидаються до міської каналізації (включаючи фільтрати), розглядаються як відходи. Усі зобов'язання щодо поводження з такими відходами несе підприємство-власник.

Скидання стічних вод від стаціонарних установок для танення снігу (після попереднього очищення через пісковловлювачі), а також сплав снігу через снігоприймальні шахти допускається лише за погодженням з відповідним підприємством водопостачання та водовідведення (Водоканалом).

До міської каналізаційної мережі забороняється скидати:

- стічні води, які не відповідають вимогам чинних нормативно-правових документів;
- ґрунтові, умовно чисті води, стічні води від гідронамиву, конденсаційні та шахтні води у разі недостатнього ступеня їх очищення або перевищення допустимих концентрацій забруднювальних речовин;
- горючі домішки та розчинені газоподібні речовини, що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші;

- речовини, здатні спричиняти засмічення трубопроводів, колодязів, решіток або відкладатися на їх поверхні (зокрема, побутове й виробниче сміття, лід, ґрунт, пісок, абразивні порошки, гіпс, вапно, жири, мазут, смоли, металева чи пластмасова стружка тощо);
- речовини з переважно органічним забрудненням, якщо вони не піддаються біологічному очищенню;
- речовини, для яких не встановлено гранично допустимі концентрації або орієнтовно допустимі рівні для скидання у водойми.

Заборонено скидати речовини, які біологічно важко розкладаються, зокрема жорсткі синтетичні поверхнево-активні речовини. Категорично заборонено скидати кислоти, розчинники, а також розчини, що утворюють (або можуть утворити в процесі змішування зі стічними водами) сірководень, сірковуглець, оксид вуглецю, легколеткі вуглеводні та інші токсичні або вибухонебезпечні сполуки[19, 25].

Не допускається скид концентрованих регенераційних, маточних та кубових розчинів.

Стічні води, які можуть містити радіоактивні, токсичні сполуки, солі важких металів або бактеріальні забруднення (зокрема з інфекційних лікарень), повинні проходити обов'язкове знезараження й нейтралізацію на локальних каналізаційно-очисних спорудах (КОС) із подальшою утилізацією або видаленням утворених осадів відповідно до чинних нормативних вимог.

Забороняється скид стічних вод, взаємодія яких може призвести до утворення емульсій, токсичних або вибухонебезпечних газів, а також значної кількості нерозчинних речовин.

Також забороняється скид наступних типів вод та відходів:

- дренажні води, нормативно чисті виробничі води, поверхневий стік з промислових територій (зокрема атмосферні та паливно-мийні води) без відповідного дозволу;
- осади з локальних очисних споруд, будівельне та побутове сміття, тверді виробничі відходи.

Скидання стічних вод підприємств до міської каналізації повинно здійснюватися через випуски, обладнані контрольними колодязями (КК).

У разі значних коливань кількісного та якісного складу стічних вод протягом доби підприємства повинні встановлювати усереднювальні ємності, що забезпечують:

- усереднення витрат для рівномірного скидання протягом доби без перевищення допустимих швидкостей руху у трубопроводах;
- усереднення концентрацій до встановлених меж, передбачених дозволом на скид, та попередження залпового скидання.

Таблиця 3.1 – Граничні нормативні показники якості стічних вод підприємств (загальні вимоги)

№п.п.	Показник якості	Одиниця виміру	ГН (не більше)
1	Азот амонійний та аміак (за азотом)	г/куб.м	30
2	БСК5	г/куб.м	325
3	Водневий показник рН (у межах)	-	6,5-9
4	Жири рослинні і тваринні	г/куб.м	50
5	Завислі та спливаючі речовини	г/куб.м	380
6	Залізо (загальне)	г/куб.м	2,5
7	Мідь	г/куб.м	0,5
8	Нафтопродукти	г/куб.м	10
9	Нітрати	г/куб.м	45
10	Нітроти	г/куб.м	3,3
11	Свинець	г/куб.м	0,1
12	СПАР(аніони,неіоногенні)	г/куб.м	25
13	Сульфід	г/куб.м	1,0
14	Сухий залишок	г/куб.м	1000
15	Температура	°С	40
16	Фосфати	г/куб.м	10
17	ХСК	г/куб.м	810
18	Цинк	г/куб.м	5

Інгредієнти скидання яких в міську каналізацію не допускається

19	Кислоти, горючі суміші, токсичні та розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати в мережах і спорудах токсичні гази.
20	Концентровані маточні та кубові розчини
21	Будівельне, промислове, господарсько-побутове сміття, ґрунт, абразиви
22	Радіоактивні речовини, епідеміологічно небезпечно бактеріальні і вірусні забруднення

Відповідальність за кількісний та якісний склад стічних вод орендарів нежитлових приміщень, житлових споруд і комплексів несе підприємство-орендодавець.

У разі, якщо підприємство приймає до своєї внутрішньої мережі стічні води інших юридичних осіб, воно несе повну відповідальність перед Водоканалом за якісний склад усієї суміші на виході.

Об'єднання випусків стічних вод від декількох підприємств можливе лише після облаштування окремих контрольних колодязів на кожному з них.

Таблиця 3.2 – Граничні показники якості стічних вод і води водойм

	Показник якості стічних вод	Гранична норма скиду, г/куб.м		ЛОШ	Не видаля- ється
		В каналізацію (ГН)	У водойми (ГДК)		
1	2,3 - дихлор-1.4-нафтохінон	0,1	0,1	с-т	v
2	Азот амонійний та аміак (за азотом)	30	2	с-т	
3	Акрилова кислота	0,5	0,5	с-т	
4	Акролонітрил	150	-	-	
5	Алкіларилсульфонати	20	0,5	орг.	
6	Алкілбензолсульфонати	20	0,5	орг.	
7	Алюміній	5	0,5	с-т	
8	Аміни C7-C9	1	0,1	орг.	
9	Аміни C10-C15	1	0,06	орг.	
10	Аміни C16-C20	1	0,03	орг.	
11	Ані зол	0,05	0,05	с-т	v
12	Арсен	0,1	0,05	с-т	
13	Ацетальдегід	20	0,2	орг.	
14	Ацетон	40	2,2	заг.	
15	Ацетофенон	0,1	ОД	с-т	v
16	Барвники синтетичні (кислотні)	25	0,11	орг.	
17	Барвники сірчисті	25	0,01	орг.	
18	Барій	10	0,1	с-т	
19	Бензапірен	20	0,000005	с-т	
20	Бензин	100	0,1	орг.	
21	Бензойна кислота	15	0,6	заг.	
22	Бензол	100	0,5	с-т	
23	БСК5	325	15	орг.	

Продовження таблиці 3.2					
24	Бутилакрилат	0,01	0,01	орг.	
25	Бутилацетат	1	0,1	заг.	
26	Бутиловий спирт нормальний	10	0,1	с-т	
27	Вирівнювач А	20	2	заг.	
28	Вініл ацетат	100	0,2	с-Г	
29	Гексаген	0,1	0,1	с-т	v
30	Гексаме гилендіамін	0,01	0,01	с-т	v
31	Гексахлоран	0,02	0,02	орг.	v
32	Гексахлорбензол	0,05	0,05	с-т	v
33	Гідразингідрат	0,1	0,01	с-т	
34	Гідрохінон	15	0,2	орг.	
35	Гліказин	30	-	-	
36	Гліцерин	90	0,5	заг.	
37	ДДТ (технічний)	0,1	0,1	С-г	v
38	Дибутилфталат	0,2	0,2	заг.	
39	Дибутилацетамід	15	2	С-т	
40	Диетаноламід	100	1	С-т	
41	Диетаноламін	1	0,8	орг.	
42	Диетиламін солянокислий	10	0,25	орг.	
43	Диетиланілін	0,15	0,15	орг.	v
44	Диетилдитіофосфорна кислота	0,5	0,5	орг.	V
45	Диетиленліколь	1	1	С-т	V
46	Диатиленовий ефір	0,3	0,3	орг.	v
47	Диатиленовий ефір малеїнової к-ти	1	1	С-т	
48	Диетилртуть	0,0001	0,0001	С-т	V
49	Диметилхлорвініл-фосфат	1	1	орг.	V
50	Диметилфенілкарбінол	1	0,05	С-т	V
51	Дихлоранілін	0,05	0,05	орг.	v
52	Дихлорбензол	0,002	0,002	орг.	
53	Дихлоргідрин	1	1	орг.	v
54	Дихлоретан	0,02	0,02	С-т	
55	Етанол	14	-	-	
56	Етилбензол	0,01	0,01	орг.	
57	Етиленгліколь	1000	1	С-т	
58	Етилхлоргідрин	5	0,0001	С-т	
59	Жири рослинні і тваринні	50	1	орг.	
60	Завислі і спливаючі речовини	380	15	заг.	
61	Закріплювач ДЦМ	5	-0,5	-	
62	Закріплювач ДЦУ	5	-0,3	орг.	
63	Закріплювач У-2	20	0,1	-	
64	Залізо(загальне)	2,5	0,005	орг.	

Продовження таблиці 3.2					
65	Ізоботилловий спирт	100	2	С-т	
66	Ізопрен	0,005	0,001	орг.	V
67	Ізопропіламін	2	1	С-т	v
68	Кадмій	0,01	5	С-т	
69	Капролактамі	25	0,05	заг.	
70	Карбоксиметелцелюлоза	325	0,1	заг.	
71	Карбофос	0,05	0,004	орг.	
72	Кобальт	1	0,3	С-т	
73	Крезолі	100	0,005	С-т	
74	Кротоновий альдегід	6	0,3	С-т	
76	Ксилол	1	0,05	орг.	
77	Лудегол	10	6	орг.	
78	Малаїнова кислота	100	10	орг.	
79	Марганець	60	1	орг.	
80	Масляна кислота	30	0,1	орг.	
81	Метазин	500	0,7	орг.	
82	Метанол	10	0,3	орг.	
83	Метафос	30	3	С-т	v
84	Метилетилкітон	0,5	0,5	орг.	
85	Метилметакрилат	50	1	орг.	
86	Метилстерол	500	0,01	С-т	
87	Метилнітрофос	1	0,1	орг.	v
88	Мідь	0,25	0,25	орг.	
89	Молібден	0,5	0,1	орг.	
90	Моноетаноламін	0,26	0,26	С-т	
91	Натрій	5	0,5	С-т	v
92	Нафтопродукти	200	200	С-т	
93	Нікель	10	0,3	орг.	
94	Нітрати	0,5	0,1	С-т	
95	Нітрити	45	45	С-т	
96	Нітробензол	3,3	3,3	С-т	V
97	Нітрохлорбензол	0,2	0,2	С-т	v
98	Олово	0,05	0,05	С-т	
99	Оцтова кислота	10	-	-	
100	Оцтово-етилловий ефір	45	1	заг.	
101	Пантаеритит	0,2	0,2	орг.	V
102	Петролатум	0,1	0,1	С-т	V
103	Пікринова кислота	0,1	0,1	С-т	V
104	Пірогалол	0,5	0,5	орг.	v
105	Поліакриламід	0,1	0,1	орг.	
106	Полівінілацетатна емульсія	40	2	С-т	
107	Полівініловий спирт	10	-0,1	-	

Продовження таблиці 3.2					
108	Поліетиленімін	20	0,1	орг.	V
109	Поліхлорпінен	0,1	0,12	С-т	V
110	Пропілбензол	0,12	0,2	С-т	v
111	Пропіловий спирт	0,2	0,25	орг.	
112	Резорцин	12	0,1	заг.	
113	Реч. Для яких не встановлено ГДК для водойм	12	0	заг.	v
114	Р-меркаптодиетиламін	0,1	0,1	-	v
115	Ртуть	0,005	0,0005	орг.	
116	Свинець	0,1	0,03	С-т	
117	Селен	10	0,01	С-т	
118	Сечовина	3251	1	С-т	
119	Сірководень	1	0	заг.	
120	Сірковуглець	25	1	заг.	
121	СПАР (аніонні, неіоногенні)	10	0,5	орг.	
122	Стирол	26	0,1	орг.	
123	Стронцій	500	7	орг.	
124	Сульфати	1,0	500	С-т	v
125	Сульфіти	1000	0	орг.	
126	Сухий залишок	0	900	заг.	V
127	Тетраетилсвинець	0,001	0	заг.	V
128	Тетрахлорбензол	0,0025	0,01	С-т	V
129	Тетрахлоретан	0,2	0,0025	С-т	V
130	Тетрахлоретан	0,003	0,2	орг.	V
131	Тетрахлорнонан	0,005	0,003	орг.	V
132	Тетрахлорпентан	0,01	0,005	орг.	V
133	Тетрахлорпропан	0,007	0,01	орг.	V
134	Тетрахлорундекан	0,01	0,007	орг.	V
135	Титан	10	0,01	орг.	
136	Тіосечовина	2	10	заг.	
137	Тіофен	0,03	2	С-т	V
138	Тіофос	15	0,03	орг.	V
139	Толуол	0,01	0,5	орг.	
140	Трибутилфосфат	5	0,01	орг.	V
141	Триетаноламін	2	1	орг.	
142	Триетиламін	40	2	орг.	V
143	Трикрезилфосфат	20	0,005	С-т	
144	Трилон Б	0,1	4	С-т	
145	Трифторхлорпропан	0,03	0,1	С-т	V
147	Фенілендіамін	10	0,1	орг.	V
178	Фенол	0,001	0,001	С-т	
149	Фозалон	100	0,001	орг.	V

Продовження таблиці 3.2					
150	Формальдегід	0,003	0,05	орг.	
151	Фосфамід	10	0,03	С-т	V
152	Фосфати	0,5	3,5	орг.	
153	Фталева кислота	1	0,5	заг.	
154	Фурфор	0,02	1	заг.	V
155	Хлорбензол	350	0,02	орг.	V
156	Хлориди	0,01	350	С-т	V
157	Хлоропрен	2,5	0,01	орг.	V
158	Хром (загальний)	0,1	0,5	С-т	
159	Хром (шестивалентний)	810	0,05	С-т	
160	ХСК	0,1	80	С-т	V
161	Циклогексан	1	0,1	орг.	
162	Циклогексаноксин	0,5	1	С-т	V
163	Циклогексаном	0,02	0,5	С-т	V
164	Циклогексан	5	0,02	с-т	V
165	Цинк	1,5	1	С-т	
166	Ціаніди	0,005	0,001	заг.	
167	Чорний Хлористий вуглець	7	0,005	С-т	v

3.6 Обґрунтування технології обробки осаду стічних вод

У процесі очищення стічних вод утворюються різні типи твердих та осадових залишків:

Тверді відходи, що затримуються на решітках: розрахунковий період – 77,4 м³/добу (28060 м³/рік); перспективний період – 90,2 м³/добу (32730 м³/рік). Пісок, що затримується в пісколовках (вологість 60%): розрахунковий період – 70,1 м³/добу (25586 м³/рік); перспективний період – 81,8 м³/добу (29857 м³/рік). Осад первинних відстійників: розрахунковий період – 21,84 м³/добу; маса сухої речовини – 131,35 т/добу; перспективний період – 2517 м³/добу; маса сухої речовини – 152,35 т/добу. Надлишковий активний мул (вологість 99,5%): розрахунковий період – 21380 м³/добу; перспективний період – 26370 м³/добу. Промивні води вакуум-фільтрів – 1380 м³/добу (0,7 т/добу сухої речовини). Мулова вода та фільтрат із згущувача цеху механічного зневоднення – 1500 м³/добу (7,5 т/добу сухої речовини). Стічні води від мокрих скрубєрів – 580

м³/добу (2,7 т/добу сухої речовини). Осад із накопичувачів дощового стоку – 3137 м³/рік (вологість 60%). Розрахункові положення з обробки осадів базуються на вимогах БНіП 2.04.03-85 та результатах пусконалагоджувальних робіт. Оцінка діючої схеми обробки осаду. Раніше впроваджена схема передбачає: Тверді залишки, що затримуються решітками, подрібнюються і повертаються до потоку стічних вод. Пісок збезводнюється на спеціальних майданчиках та після знезараження використовується у планувальних роботах. Дренажні води повертаються в систему очищення. Надлишковий активний мул ущільнюється разом з осадом первинних відстійників до вологості 95% і надходить до цеху механічного зневоднення. Далі здійснюється: теплове кондиціювання; меха ічне зневоднення на вакуум-фільтрах; сушка у зустрічних потоках. Пакування і складування. У якості резерву використовуються мулові майданчики площею 15 га. Пусконалагоджувальні роботи виявили технічні недоліки: нестабільна робота насосів типу СД при змішуванні осаду; нестійка робота котельного обладнання; підвищене зношення регулюючих елементів у реакторах бродіння.

Оновлена схема обробки осаду. Враховуючи наявну інфраструктуру та обсяги утворених осадів, пропонуються дві технологічні лінії: Технологічна лінія I: Призначена для обробки осаду первинних відстійників, фугату, промивних вод і стічних вод мокрих скрубєрів: Ущільнення до вологості 25% Термофільне бродіння; Обезводнення в центрифугах до вологості 70%;

- Біотермічне знезараження; Складування у вигляді компосту.

Відходи: мулова вода – 1414 м³/добу (1,4 т/добу СР); фугат – 2570 м³/добу (16,5 т/добу СР); біогаз – 1685 м³/год (1920 м³/год у перспективі), використовується як паливо в котельні.

Об'єм готового компосту: розрахунковий період – 186 м³/добу (61320 м³/рік); перспективний період – 195 м³/добу (71175 м³/рік).

Технологічна лінія II: Призначена для обробки надлишкового активного мулу та промивних вод: Флотоущільнення до вологості 95%; Теплове

концентрування (175 °С); Ущільнення в згущувачі до 94%; Вакуум-фільтрація до 70%; Досушка до 40%;

- Пакування та складування. Відходи: мулова вода – 21940 м³/добу (12,4 т/добу СР); промивні води – 1380 м³/добу (0,7 т/добу СР); фільтрат – 1500 м³/добу (7,5 т/добу СР); стічні води скрубєрів – 580 м³/добу (2,7 т/добу СР); газу та засолені стоки – повертаються до системи очищення. Виробництво зневодненого осаду: розрахунковий період – 155 м³/добу (56575 м³/рік); перспективний період – 187,5 м³/добу (68438 м³/рік) [4, 22, 25].

3.7 Гідрографічна та гідроекологічна характеристика річки Полтва

Річка Полтва є лівобережною притокою річки Західний Буг, у яку впадає на 782 км вище гирла останньої. Довжина Полтви становить 60 км, площа водозбірного басейну — 1440 км², середній загальний ухил — 0,85 %.

Формується річка внаслідок злиття низки дрібних струмків, витoki яких розташовані на водороздільних підвищеннях південної та південно-східної околиці м. Львова — у районах Погулянки, Залізної Води, Дикого Рову, Софіївки, Пасічанки — на висоті 340–350 м над рівнем моря. Основне русло формується в центральній частині міста та прямує у північно-західному напрямку до району Клепарова, проходячи через підземний каналізаційний колектор під проспектами Свободи, Шевченка, Краківським базаром. Від вулиці Бічна Вербова річка різко повертає на схід, протікаючи територією Шевченківського району м. Львова, перетинаючи вулиці Торф'яну, Замарстинівську, Інструментальну, Б. Хмельницького[32].

На ділянці протяжністю близько 12 км Полтва протікає під землею в трубах і тунелях, збираючи на своєму шляху більшість побутових та промислових стічних вод м. Львова.

Більшість приток річки розташовані з лівого берега. Лівобережжя характеризується пологим рельєфом і збігається з північним схилом Львівської котловини, тоді як правий берег крутий і різко підвищується в напрямку гряди

підвищень, що починається від гори Високий Замок — крайнього західного виступу Львівського плато.

Басейн річки асиметричний, з переважаючим розвитком правобережної частини, і розташований на крайньому північному заході Волинсько-Подільської височини. Довжина водозбору становить 44 км, ширина — 33 км, коефіцієнт форми басейну — 0,74. Загальна довжина вододільної лінії — близько 190 км.

Верхів'я Полтви розміщується на підвищенні, що є продовженням Кременецьких гір і належить до географічного району Розточчя. Рельєф у верхній частині басейну — пагористий і сильно розчленований, у нижній частині — переважно хвилястий. Значна частина площі басейну має відкриту, прозору поверхню[25, 32].

Долина річки звивиста; у верхів'ї — V-подібна, завширшки 0,5–1,0 км, у нижній течії — трапецієподібна, подекуди — пряма. Схили долини помірно круті, складені суглинистими й супіщаними ґрунтами, місцями вкриті дерновим покривом і заростями чагарників.

Заплава двостороння: у верхів'ї має ширину 0,3–0,5 км, на окремих ділянках — до 1,5 км; її поверхня рівнинна, лугового типу, до впадіння річки Білки пересічена каналами.

Гідрографічні характеристики річки в розрахункових створах наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Гідрографічні та морфометричні параметри річки Полтва в межах розрахункових створів

Річка	Створ	F, км ²	Довжина, L		I сер.. %	F лісу %	Fб.,
			Загальна	До створу			
Полтва	ФС (умовний розрахунковий створ перед КОС)	46,1	60	11.6 5	о	15	2
Полтва	Вихід з О/С I черга	46,2	60	12,2	->	15	2

Полтва	Вихід з О/С 2 черга	46,3	60	12,3	2,9	15	2
Полтва	КС (розрахунковий спор після скиду 3 КОС)	50,4	60	12,9	2.8	15	2

Русло річки — нерозгалужене, помірно звивисте, місцями випрямлене та каналізоване. Коефіцієнт звивистості русла становить $K_{зв} = 1,1$, коефіцієнт шорсткості — $n = 0,028-0,025$. Глибина русла змінюється в межах 0,4–0,8 м, швидкість течії — від 0,3 до 2,0 м/с. Дно русла переважно піщано-мулисте.

Річка Полтва виконує функцію основного каналізаційного колектора м. Львова, приймаючи на себе побутові стоки, промислові скиди та поверхневий стік.

Гідрологічний режим річки Полтває достатньо вивченим. До 1970 року на річці функціонували два водомірні пости: один — поблизу с. Полтва (за 20 км від гирла), другий — біля м. Буськ (приблизно за 0,2 км від гирла).

Водомірний пост біля с. Полтва було відкрито у 1940 році. Площа водозбірного басейну у створі становила 725 км², позначка умовного нуля — невизначена. До 1948 року спостереження були нерегулярними; у 1945 році пост перенесли на 4 км нижче за течією, що призвело до неузгодженості даних між обома місцями спостереження. Починаючи з 1 березня 1948 року й до 13 серпня 1970 року на посту проводились систематичні гідрологічні спостереження: рівень води, її температура, витрати стоку, льодовий режим і товщина криги. Пост припинив функціонування 13 серпня 1970 року. Неперервний ряд спостережень охоплює 23 роки. Приблизно за 3 км вище колишнього поста розташована млинова гребля. [24, 25]

Другий водомірний пост — біля м. Буськ — діє з 1887 року і функціонує дотепер. Площа водозбірного басейну у створі становить 1440 км², позначка умовного нуля — 208 м над рівнем моря. На цьому пункті виконуються спостереження за рівнями води, температурним та льодовим режимом, витратами стоку, а також товщиною льоду.

У межах м. Львова на річці Полтві гідрометричні вимірювання та регулярні спостереження не проводяться. Найближчим водомірним пунктом, дані з якого використовуються для оцінки гідрологічного режиму річки, є водомірний пост біля с. Полтва, що розташований приблизно за 40 км нижче за течією від м. Львова. Саме він прийнятий як гідрологічний аналог для подальших розрахунків, пов'язаних із функціонуванням каналізаційних очисних споруд.

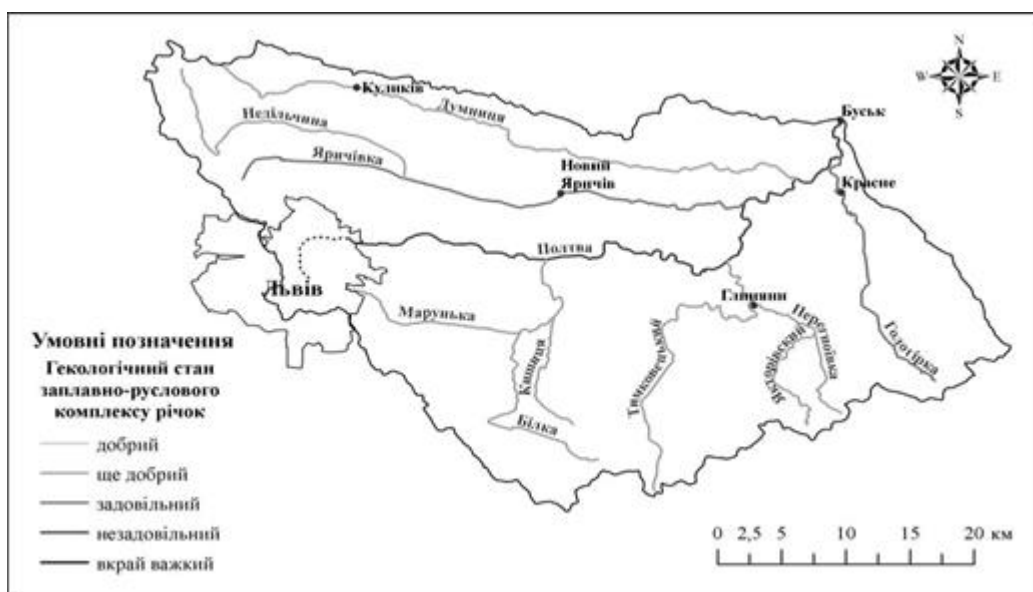


Рис. 3.6 – Оцінка геоecологічного стану річкової системи басейну Полтви.

Річка Полтва належить до рівнинного типу водотоків. Її живлення є змішаним (дощове, снігове, підземне), проте домінує дощове живлення.

Весняна повінь розпочинається, як правило, на початку березня. У період звичайного весняного водопілля рівень води підвищується на 1,5–2,0 м відносно умовного рівня води (УРВ). Межене маловоддя встановлюється з початку квітня, найнижчі рівні води фіксуються упродовж травня–жовтня. Проте цей період часто порушується дощовими паводками. Коливання низьких рівнів зумовлені не лише природною водністю року, а й антропогенним навантаженням — зокрема господарсько-побутовими та промисловими скидними водами[32].

Температурний режим річки істотно залежить від скидів стічних вод м. Львова. У роки з м'якою зимою льодостав, як правило, відсутній. Натомість у суворі зими спостерігається утворення стійкого льодового покриву.

Після проходження очисних споруд води р. Полтви залишаються мутними, з характерним фекальним запахом, що особливо виражено в нижній течії, зокрема в період літньої межені. У руслі нагромаджується значний шар мулу, при цьому виявлено лише незначну кількість видів макрофітів, що пов'язано з високою токсичністю водного середовища та низьким рівнем прозорості води. Протягом XX століття спостерігалось суттєве погіршення якості води, зумовлене зростанням чисельності населення Львова та приміських населених пунктів.

Якість води приток р. Полтви є неоднорідною. Притоки, що протікають у широтному напрямку в межах міжпасмових долин Пасмового Побужжя, формуються на територіях із торфовими чи оторфованими ґрунтами, що спричиняє знижену прозорість води та потужне замулення (рр. Думниця, Яричівка, Марунька, Недільчина). Значну роль у замуленні відіграють гідротехнічні перетворення річок — їх спрямлення, зарегульованість та щільна мережа осушувальних каналів. Поживні речовини, які вимиваються з торфовищ, сприяють евтрофікації та зменшенню прозорості води. Як наслідок, заростання русел макрофітами може досягати 30–50 % площі водного дзеркала на окремих ділянках.

Натомість правобережні притоки, що витікають зі схилів Гологоро-Кременецького кряжу (рр. Гологірка, Білка, Перегноївка, Тимковецький потік), характеризуються вищою прозорістю води, меншою замуленістю та, відповідно, меншою кількістю водної рослинності, за винятком застійних ділянок. Виняток становить р. Кишиця у верхів'ї, де внаслідок низької водності простежується підвищене замулення.

Вагомий антропогенний тиск на якість води чинять населені пункти та підприємства, розташовані в безпосередній близькості до річок. За інформацією БУВР Західного Бугу та Сяну, найбільш суттєвий вплив мають скиди стічних

вод із м. Дубляни, смт. Новий Яричів, с. Старий Яричів, смт. Куликів, с. Солова. Під час польових досліджень було виявлено випадки несанкціонованого скиду побутових стоків із приватних садіб у м. Винники (р. Марунька), с. Звенигород (р. Білка), м. Буськ (р. Полтва) та інших населених пунктів[32].

Рекреаційне навантаження на водні об'єкти є мінімальним, за винятком окремих ставків, розташованих у руслах річок (наприклад, у верхів'ї р. Маруньки та р. Яричівки).

Швидкість течії річок відіграє опосередковану роль у якості води: швидший потік сприяє кращому насиченню киснем і підвищенню здатності до самоочищення. У середньому швидкість течії становить 0,2–0,3 м/с, дещо вища — у верхів'ях. Захаращеність та надмірне заростання русел сповільнюють рух води.

Згідно з опитуваннями місцевих мешканців, якість води у притоках р. Полтви погіршувалась упродовж останніх десятиліть: зменшилась водність, збільшилась замуленість і захаращеність русел. Встановлено прямий зв'язок між санітарним станом річок, якістю води та їх гідрологічним режимом. Зменшення водності майже всіх річок району (окрім Полтви, гідрорежим якої регулюється скидами з м. Львова) зумовлено осушенням долин і кліматичними змінами.

Відповідно до даних БУВР, 60–100 % русел річок досліджуваної території мають зарегульований характер. Найбільш суттєвих змін зазнали магістральні канали осушних систем (р. Полтва, р. Яричівка, р. Недільчина), що охоплюють 36,7 % території басейну, а в межах долин — 55–94 % площі. Аналіз ретроспективних карт і супутникових знімків засвідчив, що після створення осушних систем густота водотоків зросла на 32 %[32].

Зарегульованість русел ставками та водосховищами також впливає на гідрологічний режим. В межах басейну нараховується від 0,3 до 5 га водойм, з яких воду забирають переважно для рибогосподарських і технічних потреб: найбільші об'єми — з р. Гологірки (123 га, рибогосподарський ставок) і з р.

Яричівки (85 га, технічне водосховище Львівської ТЕЦ). Об'єм забору води не перевищує 5 % річного стоку.

Засміченість русел зростає з наближенням до населених пунктів та автошляхів. Найвищий рівень забруднення зафіксовано у м. Буськ (р. Полтва) та смт. Красне (р. Гологірка). Підвищення засміченості, на думку мешканців, пов'язане зі збільшенням використання полімерних матеріалів.

Ерозійні процеси (зокрема бічна ерозія) найбільш активні біля пасовищ. В районах із низькою крутизною схилів спостерігається ризик площинного змиву внаслідок розорювання заплав. У заболочених долинах ерозія виражена слабше.

Землекористування у межах прибережних захисних смуг (ПЗС) залежить від ширини заплав, родючості ґрунтів та господарського освоєння. У верхів'ях річок ПЗС часто забудовані або використовуються під сільське господарство. У середній та нижній течії рівень освоєння співвідноситься з розораністю. Найбільш розораними є землі ПЗС Якторівського потоку (31 %), рр. Гологірки (9 %), Перегноївки і Яричівки (по 8 %).

Урбанізованість верхів'я долини Полтви (м. Львів) суттєво впливає на стан річки. За межами міста вона протікає у широкій міжпасмовій заболоченій долині, де ступінь господарського освоєння знижений. Загальний рівень урбанізованості басейну р. Полтви становить 9 %, розораність — близько 40 %. Найвища урбанізованість спостерігається у басейні р. Маруньки (24 %), нижча — у басейнах р. Гологірки (8 %) та Тимковецького потоку (7 %). У долині р. Кишиці та Якторівського потоку урбанізованість не перевищує 0,7 %.

Розораність також обумовлена рельєфом і типами ґрунтів. Найбільше орних земель — у долинах річок на Підподільській рівнині (60–80 %), де переважають родючі карбонатні ґрунти. Менш розорані долини приток у міжпасмових заболочених територіях (20–40 %). У заплавах забудова зустрічається рідко, а ступінь їхньої розораності загалом не перевищує 40 %. Частину заплав використовують як пасовища, а на торфовищах переважають луки або чагарникова рослинність[32].

Річка Полтва, ліва притока Західного Бугу, є найбільш забрудненою річкою басейну, оскільки приймає стічні води м. Львова. Екологічний потенціал МПВ р. Полтви (с. Кам'янопіль) характеризується III класом. Представлена Таблиця 3.4 містить дані про середньорічні концентрації забруднюючих речовин (у мг/л) у контрольних створах водних об'єктів регіону за 2023 рік. Зокрема, наведено показники якості води для річки Полтва в районі села Кам'янопіль. Для порівняння та оцінки стану води також включено гранично допустимі концентрації (ГДК) з трьох нормативних документів: «ОБРВ (1990 р.)», «Правила охорони поверхневих вод (1991 р.)» та «Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів (2012 р.)».

Середньорічна концентрація БСК₅ у річці Полтва становить 42,0 мг/л, що значно перевищує нормативи, встановлені «Правилами охорони поверхневих вод (1991 р.)» (2,26 мг/л) та «Нормативами екологічної безпеки водних об'єктів (2012 р.)» (3,0 мг/л). Концентрація ХСК сягає 166,8 мг/л, тоді як норматив за «Правилами охорони поверхневих вод (1991 р.)» становить 15 мг/л, а за «Нормативами екологічної безпеки водних об'єктів (2012 р.)» — 50,0 мг/л. Рівень розчиненого кисню в річці Полтва критично низький — 1,11 мг/л, при нормативі «Правил охорони поверхневих вод (1991 р.)» $\geq 6,0$ мг/л. Концентрація завислих речовин становить 192,8 мг/л, що суттєво перевищує норматив «Нормативів екологічної безпеки водних об'єктів (2012 р.)» (25,0 мг/л) та «Правил охорони поверхневих вод (1991 р.)» (фон+0,75). Це може бути наслідком ерозійних процесів, надходження зливових стоків або скидів промислових підприємств. Концентрації заліза (0,48 мг/л), марганцю (0,210 мг/л), міді (0,0058 мг/л), цинку (0,065 мг/л) та хрому (0,0028 мг/л) перевищують або знаходяться близько до відповідних ГДК з «ОБРВ (1990 р.)». Особливо помітним є перевищення для марганцю та цинку, що може вказувати на антропогенне джерело забруднення, наприклад, промислові викиди.

Загалом, дані за 2023 рік демонструють, що річка Полтва в районі села Кам'янопіль перебуває у незадовільному екологічному стані через високий рівень забруднення органічними речовинами, сполуками азоту та фосфору, а

також важкими металами. Це створює значне навантаження на екосистему річки, призводить до дефіциту кисню та становить потенційну загрозу для здоров'я людини та біорізноманіття. Необхідні термінові заходи для зменшення антропогенного навантаження та поліпшення якості води в річці.

Таблиця 3.4 – Середньорічні концентрації забруднюючих речовин у контрольних створах водних об'єктів регіону (мг/л) за 2023 рік

Показники якості води	Місце спостереження за якістю води р. Полтва – с. Кам'янопіль	ОБРВ (1990 р.)*	Правила охорони поверхневих вод (1991 р.)**	Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів (2012 р.) ***
БСК5	42,0	-	2,26	3,0
ХСК	166,8	-	15	50,0
Розчинений кисень	1,11	-	$\geq 6,0$	-
Азот амонійний	24,50	0,5	-	0,65
нітрити	2,83	0,08	-	-
нітрати	16,63	40	-	-
фосфати	4,85	0,17	-	2,15
завислі речовини	192,8	-	фон+0,75	25,0
мінералізація	717,8	-	1000	-
сульфати	134,3	100	-	-
хлориди	128,8	300	-	-
залізо	0,48	0,1	-	-
марганець	0,210	0,01	-	-
мідь	0,0058	0,001/ фон	-	-
цинк	0,065	0,01	-	-
хром	0,0028	0,001		-

* 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.)

Геоекологічний стан заплавно-руслового комплексу р. Полтви оцінено як *незадовільний* (IV клас), що зумовлено значним антропогенним навантаженням у верхів'ї.

Для покращення ситуації рекомендовано:

- реконструкцію очисних споруд Львова;
- контроль громад за несанкціонованими скидами;
- інвестиції в розчистку русел і підвищення їх пропускної здатності;
- екологічний нагляд за дотриманням водоохоронного законодавства в межах ПЗС.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз стану охорони праці в лабораторії

Поліпшення умов праці є одним із резервів росту продуктивності праці, а також подальшого духовного розвитку самої людини, як безпосереднього суб'єкта створення матеріальних благ для існування і розвитку суспільства [3].

Основною метою реформування системи охорони праці є суттєве зниження рівня виробничого травматизму та професійних захворювань, зменшення факторів шкідливого впливу на організм працюючих та вивільнення працівників із шкідливих та важких умов праці [16].

Досвід показує, що для формування здорових і безпечних умов праці та ліквідації основних причин виробничого травматизму необхідно:

постійно навчати безпечному виконанню виробничих операцій робітників, забезпечувати їх індивідуальними засобами захисту, проводити всі види інструктажів з охорони праці;

забезпечувати в справному стані і постійно перевіряти технологічне і транспортне обладнання, пересувні і самохідні механізми, підйомно-транспортні та інші пристрої;

дотримуватися правил пожежної безпеки, електро- і вибухобезпеки [6, 50].

Конституційне право громадян нашої держави на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності відображено у Законі України „Про охорону праці”, який був прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року. Дія цього закону поширюється на всі підприємства, установи і організації незалежно від форми власності і виду їх діяльності, на всіх працюючих незалежно від їх посади і рівня кваліфікації [16].

Закон закріпив гарантії прав громадян України на охорону праці на виробництві, прийняв основні положення щодо видів стимулювання роботи з охорони праці, дії державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів про

охорону праці, затвердив структуру і порядок функціонування державного управління охороною праці, державний нагляд і громадський контроль за охороною праці, а також відповідальність працівників за порушення законодавства про охорону праці [3].

Для спостереження за станом і роботою сітки, промивки і прочистки трубопроводів, регулювання руху потоку стічної рідини служать оглядові колодязі: лінійні, поворотні з'єднувальні, контрольні та промивні.

При виконанні робіт на сітках необхідно враховувати небезпеку та шкідливості, до яких відноситься: загазованість колодязів, камер, колекторів та небезпеку виникнення вибуху газів; можливість падіння предметів у відкриті люки на робочих в колодязях; небезпеку дії потоку стічної води на працюючих і так далі.

Для обробки стічних вод застосовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні способи очищення. Найбільш повна очистка стічних вод від розчинних органічних речовин досягається біологічними методами.

Стічні води проходять попередню очистку на решітках, пісколовках, аеротенках і в відстійниках. Далі очистка відбувається в аеротенках і вторинних відстійниках. Потім проходить доочистка на фільтрах доочистки. Перед скидом в водойму очищенні води знезаражуються. Осад з первинних відстійників зброджується в метантеках і обезводнюється на вікуум-фільтрах.

Відстійники повинні мати робочі проходи з огороженнями, які забезпечать безпеку роботи обслуговуючого персоналу. Переходи з огороженнями ставлять також через лотки і підвідні канали. Лотки повинні мати борт з рівною поверхнею.

Не дозволяється вручну очищати ходовий шлях мулоскребків, мулососів відстійників.

Про виконанні робіт в спорудах необхідно забезпечити притік в них свіжого повітря через люки та лази з допомогою вентиляції.

Відповідно до положень Закону України „Про пожежну безпеку" від 7.12.1993 року (статті 4-7) Правила пожежної безпеки в Україні є обов'язковим

для виконання центральними і місцевими органами державної виконавчої влади, підприємствами, організаціями, посадовими особами та громадянами.

Правила пожежної безпеки в Україні встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки, чинність яких поширюється на підприємства, установи, організації.

Пожежа - це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

Основні причини пожеж на виробництві:

- необережне поводження з вогнем;

- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;

- порушення режимів технологічних процесів;

- несправність опалювальних пристроїв та порушення правил їх експлуатації;

- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на попередження пожеж, забезпечення можливих майнових витрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж[3, 16]

Відповідно до Закону України „Про пожежну безпеку” забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ, організацій покладається на їх керівників та уповноважених керівниками осіб.

Керівник підприємства повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, ділянок, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту.

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим. Також має бути опрацьована загально-об'єктна інструкція про заходи пожежної безпеки та інструкції для всіх вибухонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень.

Територія підприємства, яка відділяється від житлової зони санітарно-захисною зоною, огорожуються і має безпосередні виїзди на дорогу. Територія спланована так, щоб був забезпечений відвід атмосферних опадів і води.

Будівлі і споруди, небезпечні в пожежному відношенні або які являються джерелом забруднення повітря (котельня, склади палива тощо), розміщені з повітряної сторони для вітрів переважаючого напрямку. Між спорудами є протипожежні розриви та проїзди, ширина яких 3,5 м (для одностороннього проїзду). Також передбачені пішохідні доріжки і зони відпочинку. Основні дороги, майданчики, пішохідні доріжки покриті асфальтом та тротуарною плиткою, вся остання територія, не зайнята будівлями, повинна бути озеленена.

Для миття машин, а також для збирання сміття, передбачаються спеціальні майданчики. Сміття збирається в металеві сміттєзбірники з щільно закритими кришками і щоденно вивозиться, майданчик дезінфікується[16].

На території підприємства виділяється ділянка для стоянки автомобілів, розміри якої визначаються вимогами відповідних ДБН. Рух транспортних засобів по території підприємства повинен бути організований у відповідності з „Правилами дорожнього руху”. Швидкість руху автотранспорту по території підприємства не повинна перевищувати обмежень швидкості, які встановлені „Правилами дорожнього руху”. Виїзди і в'їзди на територію підприємства повинні бути обладнані попереджувальною сигналізацією, погодженою з ДАІ.

Водойми, що розташовані на території підприємства, повинні бути обгороджені по периметру решітками висотою 1 м. Біля них встановлюються плакати, що забороняють купатися в них. Всі відстійники, люки на території повинні бути закриті.

В темний час територія підприємства повинна освітлюватися.

На території підприємства забороняється будувати житлові приміщення, вирощувати свійських тварин.

Шлаки та інші нехарчові відходи виробництва можна зберігати тільки тимчасово на спеціально відведених майданчиках.

Тверде паливо, тару зберігають на складах під навісами. Горючі матеріали зберігають у відповідності з інструкціями, узгодженими з місцевими органами Пожежної безпеки.

Територію підприємства необхідно регулярно прибирати. В літній сухий період територію перед прибиранням поливають водою, а зимою після очищення сніг і льоду пішохідні доріжки посипаються піском. Біля підйомів та спусків автомобільних шляхів повинні бути запасені крупнозернистий пісок для посипання.

Необхідно забезпечити злив стічних вод безпосередньо в каналізаційну систему закритим способом.

4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки при роботах в лабораторії

Робота в лабораторії проводиться в строгій відповідності з "Правилами влаштування і безпеки роботи в лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю", які затверджені Постановою Головного державного санітарного лікаря України від 28.01.02 р. № 1, а також "Правилами внутрішнього трудового розпорядження районної санепідемстанції", що затверджені головним державним санітарним лікарем Пустомитівського району 27.03.01 р.

Кожний співробітник має затверджені посадові інструкції. Нові співробітники допускаються до роботи після ввідного інструктажу по техніці безпеки, особистої гігієни, санітарно-протиепідемічного режиму. За кожним співробітником закріплюється робоче місце. Перед початком роботи одягають спецодяг, який зберігається в роздягальні, окремо з верхнім одягом.

Співробітники лабораторії щорічно проходять диспансеризацію. В лабораторії знаходиться укомплектована аптечка.

Робочий день в лабораторії з 9 год. до 16 год 30 хв., крім понеділка з 9 год. до 17 год. 30 хв. Робота в суботні і вихідні та святкові дні здійснюється з письмового дозволу адміністрації.

Стан лабораторних приміщень і умови оточуючого середовища повинні бути та підтримуватися такими, що сприяють правильному виконанню вимірювань і отриманню достовірних результатів вимірювань. Керівництво та спеціалісти відділу повинні забезпечувати відсутність згубного впливу середовища на результати вимірювань, тобто забезпечити необхідну якість вимірювань.

У виробничих приміщеннях відділу, за їх функціональним призначенням, повинні забезпечуватись дотримання відповідних технічних і ергономічних нормативів. [16]

У лабораторних приміщеннях повинна ефективно діяти місцева механічна витяжна вентиляція.

Відбір проб, вимірювання показників безпосередньо на об'єктах повинні проводитись при умовах оточуючого середовища, що регламентовані відповідними НД та МВВ, паспортами ЗВТ і допоміжного обладнання, які застосовуються при цих операціях.

Спеціалісти відділу повинні здійснювати спостереження, контролювати та записувати умови оточуючого середовища, які можуть суттєво вплинути на якість результатів:

- температура і вологість повітря в лабораторних приміщеннях, оточуючого середовища при відборі проб повинні контролюватися перед і під час проведення робіт;
- інші показники - під час атестації робочих місць, або при виявленні підозри щодо їх можливого негативного впливу.

При необхідності в перехідний та зимовий періоди року застосовуються електрообігрівачі.

Якщо умови оточуючого середовища не відповідають нормативним значенням, проведення вимірювань, побудова градуовальних характеристик, відбір проб не проводяться або призупиняються.

Для попередження перехресного, стороннього забруднення при виконанні вимірювань у виробничих приміщеннях та запобігання проведення несумісних між собою видів робіт в аналітичних приміщеннях виділені та обладнані окремі робочі місця.

За належний санітарний і технічний стан приміщень відділу відповідає керівництво відділу. Прибирання підлог (вологе прибирання) повинна виконувати прибиральниця, прибирання лабораторних столів, ЗВТ та обладнання - спеціалісти відділу .

При виникненні невідповідності в роботі систем водозабезпечення, вентиляції, опалення, освітлення, контуру заземлення тощо складаються заявки, які за підписом керівництва відділу надсилаються до відповідних ремонтних служб на термінове проведення відповідних відновлювальних робіт.

Роботи, пов'язані з виділенням шкідливих летучих речовин, проводяться тільки під витяжними шафами. Кількість шкідливих речовин в лабораторії не повинна перевищувати добової норми речовин. Нагрівання і перегонка горючих речовин проводиться на закритому вогні або водяній бані із зворотнім холодильником[3, 16].

Забороняється в лабораторії виливати в каналізацію їдкі, ядовиті та вогнебезпечні рідини, попередньо їх не знешкодивши.

В лабораторії забороняється приймати чи зберігати продукти харчування, пиття. Категорично забороняється – курити.

В хімічній лабораторії використовують для аналізів багато електроприладів. Забороняється працювати на несправних електроприладах, проводити самостійно їх ремонт.

В приміщенні лабораторії необхідно мати вогнегасник, пісок, покривало, запас води. При виникненні пожежі вміло їх застосовувати і дзвонити за телефоном 101.

При виявленні запаху газу слід відразу ж перекрити газовий кран, перевірити приміщення і викликати аварійну службу за телефоном 0-4.

Кожен працівник лабораторії повинен вміти надати потерпілому першу медичну допомогу.

Так, при пораненні склом потрібно влучити осколки із рани, обробити її йодом, перев'язати уражене місце.

При термічних опіках 1 і 2 ступені ураження місце присипати поташем (питтєвою содою), або обробити 36% етиловим спиртом.

При опіках хімічними речовинами: кислотою – обробляють рану 2% содовим розчином, лугом – обробляють слабким розчином оцтової кислоти.

При отруєнні розчином аміаку – потерпілий має пити слабкий розчин кислоти або лимонний сік, таким чином викликаючи блювання. Далі необхідно дати йому олію або масло.

При отруєнні парами сірчаної чи соляної кислот необхідно вивести потерпілого на свіже повітря.

При отруєнні сполуками срібла дати потерпілому велику кількість 1% розчину хлористого натрію.

При отруєнні сірчанним газом зробити потерпілому промивку носа, а також полоскання ротової порожнини 2% розчином Na_2CO_3 .

При ураженні електричним струмом відключити прилад від електричної сітки, зробити масаж серця, провести штучне дихання.

В кінці робочого дня виключити всі електроприлади в лабораторії, виключити вентиляцію (загальну і місцеву), а також перевірити і відключити газ, воду, світло.

Співробітники лабораторії повинні працювати в спецодязі (білі халати). За працю в шкідливих умовах колектив лабораторії має отримувати молоко, а також певний процент надбавки до зарплати [3].

Висновки

Місто Львів розташоване на межі головного Європейського вододілу, що поділяє басейни річкових систем Балтійського та Чорного морів. Каналізаційні стоки міста транспортуються до каналізаційних очисних споруд (КОС). Основним колектором для відведення стічних вод з території м. Львова є річка Полтва, яка на території міста тече у залізобетонному колекторі. Стічні води скидаються у річкову систему басейну Балтійського моря. Тоді, як водозбір для водопостачання розташований більшою мірою на територіях, що належать до басейну Чорного моря.

Річка Полтва впадає в Західний Буг, який, у свою чергу, впадає у річку Віслу в межах Польщі. З огляду на це місто Львів було внесене до переліку об'єктів моніторингу якості стічних вод міжнародною організацією HELCOM.

Система каналізації Львова включає 604,5 км каналізаційних мереж, з яких 69,2 км складають головні колектори (з них 29 км — у аварійному стані), а також 10 каналізаційних насосних станцій. Господарсько-побутові, виробничі та дощові стоки транспортуються закритим колектором р. Полтва та IV каналізаційним колектором на КОС проектною потужністю 490 тис. м³/добу. Фактичний обсяг очищення становить близько 435 тис. м³/добу. Облік надходження стоків здійснюється за допомогою лотків Паршала та Вентурі.

На очисних спорудах проводиться механічне та повне біологічне очищення стічних вод з використанням первинних і вторинних відстійників, а також аеротенків. Осад зневоднюється в цеху механічного зневоднення з використанням центрифуг типу ОГШ-502К-4 та ОГШ-631У-02 вітчизняного виробництва, після чого транспортується на мулові майданчики.

Аналіз середньорічних концентрацій забруднюючих речовин у річці Полтва поблизу села Кам'янопіль за 2023 рік показує, що її екологічний стан є критичним. Річка, як ліва притока Західного Бугу, зазнає значного впливу стічних вод Львова, що підтверджується представленими даними та її класифікацією за III класом екологічного потенціалу.

Рівні БСК₅ (42,0 мг/л) та ХСК (166,8 мг/л) є надзвичайно високими і багаторазово перевищують встановлені нормативи (БСК₅: 2,26 мг/л за Правилами 1991 р. та 3,0 мг/л за Нормативами 2012 р.; ХСК: 15 мг/л за Правилами 1991 р. та 50,0 мг/л за Нормативами 2012 р.). Це свідчить про масивне надходження органічних речовин, що виснажують кисень у воді.

Концентрація розчиненого кисню (1,11 мг/л) є вкрай низькою і значно меншою за норматив ($\geq 6,0$ мг/л). Такий рівень кисню створює несприятливі, а часто й летальні умови для більшості водних організмів, порушуючи природні процеси самоочищення річки.

Концентрація завислих речовин (192,8 мг/л) істотно перевищує нормативи (25,0 мг/л за Нормативами 2012 р. та фон+0,75 за Правилами 1991 р.). Це може вказувати на інтенсивні ерозійні процеси в басейні, надходження зливових стоків або неконтрольовані скиди з промислових чи сільськогосподарських джерел.

Відзначено перевищення або наближення до ГДК для заліза (0,48 мг/л), марганцю (0,210 мг/л), міді (0,0058 мг/л), цинку (0,065 мг/л) та хрому (0,0028 мг/л). Особливо виділяються високі концентрації марганцю та цинку, що є чітким індикатором антропогенного забруднення, ймовірно, пов'язаного з промисловими скидами.

Загалом, поточний стан річки Полтва свідчить про системне та інтенсивне забруднення, що перевищує її природну асиміляційну здатність. Необхідні комплексні заходи, спрямовані на зменшення скидів забруднюючих речовин з усіх джерел, зокрема з міста Львова, для відновлення екологічного балансу водного об'єкта та запобігання подальшому погіршенню його стану.

КОС були збудовані до 1990 року на основі технологій 1960–1970-х років і потребують модернізації. Шведське агентство міжнародного розвитку (SIDA), надавало Україні грантову допомогу у розмірі 48 млн шведських крон для реконструкції КОС м. Львова.

Основні напрямки модернізації передбачають:

- заміну насосів на головній КНС на нові енергоефективні агрегати;

- встановлення частотних регуляторів і пристроїв плавного пуску електродвигунів;
- заміна трубопроводів, засувок, кабелів, трансформаторів тощо;
- модернізацію цеху механічного очищення (встановлення нових решіток з конвеєрами для транспортування відходів, рівнемірів);
- заміна повітрודувки у компресорному відділенні та відповідного обладнання;
- встановлення датчиків вмісту кисню в аеротенках;
- повна реконструкція цеху механічного зневоднення осаду (нові центрифуги, дозуючі установки для полімерів, насоси фугату тощо).

Очікувані результати: покращення екологічного стану річок басейну Балтійського моря завдяки приведенню якості очищених стоків до вимог HELCOM;

- підвищення якості вод у басейнах, розташованих нижче за течією;
- зменшення експлуатаційних витрат КОС;
- значна економія електроенергії;

Список використаної літератури

1. Водний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР // *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. Ст. 190. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-vp#Text> (дата звернення: 02.06.2025).
2. Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг : колективна монографія / за ред. М. С. Мальованого. Київ : Яроченко Я. В., 2023. 342 с.
3. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посібник, К.: Центр учбової літератури, 2009. 280 с.
4. Яцик А. В., Грищенко Ю. М., Волкова Л. А., Пашенюк І. А. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління : підручник. Київ : Генеза, 2007. 360 с.
5. Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. та ін. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
6. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л., Чунарьов О. В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посіб. / за ред. В. К. Хільчевського. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2015. 172 с.
7. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. Київ : Лібра, 2002. 352 с.
8. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. Київ : Лібра, 2004. 376 с.
9. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. Основи екологічних знань. Київ : Либідь, 2000. 240 с.
10. Бойчук Ю. Д., Солошенко У. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища. Суми : Університетська книга, 2002. 368 с.

- 11.Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2003. 416 с.
- 12.Корсак К. В., Плахотник О. В. Основи екології : навч. посіб. Київ : МАУП, 2000. 240 с.
- 13.Малимон С. С. Основи екології : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2009. 240 с.
- 14.Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.
- 15.Писаренко В. М., Писаренко П. В. та ін. Агроекологія: теорія та практикум. Полтава : ІнтерГрафіка, 2003. 318 с.
- 16.Пожарова О. В. Охорона праці : навчальний посібник. Одеса, 2022. 86 с.
- 17.Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Київ : Знання, 2002. 214 с.
- 18.Дуднікова І. І., Пушкін С. П. Екологія : навч. посіб. Київ : Європейський університет, 2006. 328 с.
- 19.Надточий П. П., Мислива Т. М., Морозов В. В. та ін. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель : навч. посіб. Житомир : ДАУ, 2007. 420 с.
20. Кабінет Міністрів України. Про затвердження нормативів водоспоживання для населення: Постанова № 1015 від 25.09.2015. URL: <https://www.kmu.gov.ua> (дата звернення: 02.06.2025).
21. Клименко М. О., Вознюк К. М., Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. *Наукові доповіді НУБіП*. 2012. № 8 (30). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf.
- 22.КП «Київводоканал». Офіційний сайт. URL: <https://vodokanal.kiev.ua>.
- 23.Львівводоканал. Офіційний сайт. URL: <https://lvivvodokanal.com.ua>.
- 24.Мельник Т. М. Застосування новітніх технологій у водопостачанні та водовідведенні. Київ : Наук. ред., 2021. 207 с.

- 25.Огородник І. В. Водні ресурси України: стан, використання та охорона. Харків : ХНУ, 2020. 212 с.
- 26.Папков В. І. Інноваційні технології очищення води для міського споживання. Дніпро : ДНУ, 2020. 220 с.
- 27.Петрів П. М. Аналіз стану водокористування у великих містах України. Харків : ХТУ, 2021. 184 с.
- 28.Поліщук О. О. Водні ресурси: екологічний стан та тенденції розвитку в умовах зміни клімату. Київ : Академія наук, 2022. 290 с.
- 29.Сидоренко В. І. Водні ресурси в Україні: екологічні та економічні аспекти. Одеса : Астропринт, 2020. 221 с.
- 30.Удод В. М., Трофімович В. В., Яців М. Ю. Екологічні критерії оцінки якості води гідроекосистем на прикладі водозбірною басейну р. Прут. *Екологічна безпека та природокористування*. 2010. Вип. 5. С. 84–93.
- 31.Шевчук А. О. Технічні аспекти водопостачання у містах України. Київ : Науковий світ, 2019. 135 с.
- 32.Шіпка М. З., Курганевич Л. П. Геоєкологічний аналіз річково-басейнової системи Полтви : монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2023. 184 с.
- 33.Юрасов С. М., Кур'янова С. О., Юрасов М. С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2009. № 5. С. 42–53.