

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут нафтогазової інженерії

Кафедра Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці

Суп Роман Петрович

УДК 504.4.054:556.
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Дослідження впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки
Бистриця Солотвинська.
(назва роботи)

Технології захисту навколишнього середовища
(назва освітньої програми)

183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело:**

Здобувач освітнього ступеня _____ Суп Роман Петрович
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ Грицуляк Галина Михайлівна, д. с.г. н., доцент
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ
2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут нафтогазової інженерії
Кафедра Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці
ОПП Технології захисту навколишнього середовища

Затверджую

Зав. кафедри ТЗБП

Галина ГРИЦУЛЯК _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

“ ____ ” _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Суп Роман Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська»

керівник роботи Грицуляк Галина Михайлівна, д. с.г. н., доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання керівника)

затверджені наказом університету від “ ____ ” _____ 20__ р. №

2. Термін здачі закінченої роботи “ ____ ” _____ 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи

Матеріали наукових і нормативно-правових джерел щодо охорони поверхневих вод, впливу урбанізації на річкові екосистеми, гідроекологічного стану водних об'єктів, дані польових спостережень за станом річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська, результати візуального обстеження прибережної території, матеріали щодо фізико-географічної характеристики басейну річки, показники якості поверхневих вод та джерела антропогенного навантаження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Проаналізувати теоретичні основи впливу урбанізації на гідроекологічний стан річкових екосистем.
2. Охарактеризувати основні чинники антропогенного навантаження на поверхневі води в межах урбанізованих територій.
3. Розглянути основні фізико-хімічні, гідрологічні, гідроморфологічні та біологічні показники оцінювання гідроекологічного стану річок.

4. Надати фізико-географічну та екологічну характеристику річки Бистриця Солотвинська та її басейну.
5. Провести оцінювання впливу урбанізованої території м. Івано-Франківська на стан річки Бистриця Солотвинська.
6. Проаналізувати стан прибережно-захисної смуги, наявність джерел забруднення, засмічення берегів, вплив транспортної та рекреаційної інфраструктури.
7. Визначити проблемні ділянки річки, які зазнають найбільшого антропогенного навантаження.
8. Запропонувати природоохоронні заходи для покращення гідроекологічного стану річки та зменшення негативного впливу урбанізації.

5. Орієнтовний перелік графічного матеріалу в презентації:

1. Карта-схема розташування річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська.
2. Схема основних джерел антропогенного навантаження на річку.
3. Фотофіксація стану окремих ділянок русла та прибережної території.
4. Таблиця або діаграма основних показників якості води.
5. Схема впливу урбанізації на гідроекологічний стан річкової екосистеми.
6. Перелік запропонованих природоохоронних заходів.

Календарний план виконання бакалаврської роботи

№	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1	<u>ВСТУП</u>		
2	<u>РОЗДІЛ 1.</u> Теоретичні основи дослідження впливу урбанізації на гідроекологічний стан річок		
3	<u>РОЗДІЛ 2.</u> Фізико-географічна та екологічна характеристика річки Бистриця Солотвинська		
4	<u>РОЗДІЛ 3.</u> Методичні підходи до оцінювання гідроекологічного стану річки		
5	<u>РОЗДІЛ 4.</u> Оцінка впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська та природоохоронні заходи		
6	ВИСНОВКИ		
7	ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА		

Студентка Суп Роман Петрович
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник Грицуляк Галина Михайлівна, д. с.-г. н., доцент
(підпис) (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота присвячена дослідженню впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська в межах урбанізованої території м. Івано-Франківська.

Актуальність теми зумовлена посиленням антропогенного навантаження на поверхневі водні об'єкти внаслідок розширення міської забудови, розвитку транспортної інфраструктури, збільшення площі водонепроникних поверхонь, надходження поверхневого стоку, засмічення прибережних територій та порушення природного стану прибережно-захисних смуг. Річка Бистриця Солотвинська має важливе природне, водогосподарське та рекреаційне значення для Івано-Франківської області, тому оцінювання її гідроекологічного стану є важливим для забезпечення екологічної безпеки міського середовища.

Метою роботи є дослідження впливу урбанізаційних чинників на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська та обґрунтування природоохоронних заходів для зменшення антропогенного навантаження на водний об'єкт.

Об'єктом дослідження є річка Бистриця Солотвинська в межах міської ділянки м. Івано-Франківська.

Предметом дослідження є гідроекологічний стан річки, якість поверхневих вод, стан прибережної території та чинники урбанізаційного впливу.

У роботі проаналізовано теоретичні основи впливу урбанізації на річкові екосистеми, охарактеризовано основні джерела антропогенного навантаження на поверхневі води, розглянуто показники гідроекологічного стану річок, подано фізико-географічну характеристику басейну річки Бистриця Солотвинська та досліджено особливості її стану в межах урбанізованої території.

Під час виконання дослідження використано методи аналізу наукових і нормативно-правових джерел, польових спостережень, відбору проб води, оцінювання фізико-хімічних показників якості води, порівняльного аналізу, візуального обстеження прибережної території, узагальнення та систематизації отриманих результатів.

За результатами дослідження встановлено, що вода річки Бистриця Солотвинська не характеризується стабільно високим рівнем забруднення за більшістю основних фізико-хімічних показників, однак її гідроекологічний стан є чутливим до урбанізаційного впливу. Найбільше антропогенне навантаження спостерігається на ділянках, що зазнають впливу рекреаційної діяльності, зливових випусків, транспортної інфраструктури, засмічення берегів і трансформації прибережної смуги.

Найбільш інформативними показниками для подальшого моніторингу стану річки є вміст розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню, завислі речовини, амонійний азот, фосфати, нафтопродукти, а також інтегральна оцінка антропогенного навантаження на прибережну територію.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для організації системного моніторингу річки Бистриця Солотвинська, визначення проблемних ділянок, удосконалення природоохоронних заходів, очищення прибережних територій, відновлення прибережно-захисних смуг і зменшення негативного впливу урбанізації на водну екосистему.

Ключові слова: урбанізація, гідроекологічний стан, річка Бистриця Солотвинська, поверхневі води, антропогенне навантаження, якість води, прибережно-захисна смуга, забруднення, моніторинг, екологічна безпека.

ABSTRACT

The bachelor's thesis is devoted to the study of the impact of urbanization on the hydro-ecological condition of the Bystrytsia Solotvynska River within the urbanized territory of Ivano-Frankivsk.

The topicality of the topic is due to the increase of anthropogenic load on surface water objects due to the expansion of urban construction, development of transport infrastructure, increase in the area of waterproof surfaces, inflow of surface runoff, clogging of coastal areas and violation of the natural state of coastal protection strips. The Bystrytsia Solotvynska River has an important natural, water management and recreational significance for the Ivano-Frankivsk region, therefore, the assessment of its hydro-ecological condition is important for ensuring the ecological safety of the urban environment.

The purpose of the work is to study the impact of urbanization factors on the hydro-ecological state of the Bystrytsia Solotvynska River and to substantiate environmental protection measures to reduce the anthropogenic load on the water body.

The object of the study is the Bystrytsia Solotvynska River within the urban area of Ivano-Frankivsk.

The subject of the research is the hydro-ecological state of the river, the quality of surface water, the state of the coastal area and the factors of urbanization influence.

The paper analyzes the theoretical foundations of the influence of urbanization on river ecosystems, characterizes the main sources of anthropogenic load on surface waters, examines indicators of the hydro-ecological state of rivers, presents the physical and geographical characteristics of the Bystrytsia Solotvynska river basin, and investigates the peculiarities of its state within the urbanized territory.

During the research, the methods of analysis of scientific and regulatory sources, field observations, water sampling, assessment of physical and chemical

indicators of water quality, comparative analysis, visual inspection of the coastal area, generalization and systematization of the obtained results were used.

Based on the results of the study, it was established that the water of the Bystrytsia Solotvynska River is not characterized by a consistently high level of pollution according to most of the main physical and chemical parameters, but its hydro-ecological state is sensitive to the influence of urbanization. The greatest anthropogenic load is observed in the areas affected by recreational activities, stormwater discharges, transport infrastructure, bank littering, and coastal strip transformation.

The most informative indicators for further monitoring of the state of the river are the content of dissolved oxygen, biochemical oxygen consumption, suspended substances, ammonium nitrogen, phosphates, oil products, as well as an integral assessment of the anthropogenic load on the coastal area.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained results for the organization of systematic monitoring of the Bystrytsia Solotvynska River, identification of problem areas, improvement of environmental protection measures, cleaning of coastal areas, restoration of coastal protection strips and reduction of the negative impact of urbanization on the water ecosystem.

Key words: urbanization, hydro-ecological condition, Bystrytsia Solotvynska River, surface water, anthropogenic load, water quality, coastal protection strip, pollution, monitoring, environmental safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи дослідження впливу урбанізації на гідроекологічний стан річок	12
1.1. Поняття урбанізації та її вплив на природні водні об'єкти	12
1.2. Основні чинники антропогенного навантаження на річкові екосистеми в межах урбанізованих територій	14
1.3. Показники гідроекологічного стану поверхневих вод	19
1.4. Нормативно-правове забезпечення охорони поверхневих вод в Україні...25	
РОЗДІЛ 2. Характеристика району дослідження та річки Бистриця Солотвинська	31
2.1. Фізико-географічна характеристика басейну річки Бистриця Солотвинська	31
2.2. Гідрологічні особливості річки Бистриця Солотвинська	34
2.3. Урбанізаційні процеси в межах досліджуваної території	38
2.4. Основні джерела забруднення та антропогенного впливу на річку	41
РОЗДІЛ 3. Методика дослідження гідроекологічного стану річки	46
3.1. Вибір ділянок спостереження та точок відбору проб води	46
3.2. Методи оцінювання фізико-хімічних показників якості води	52
3.3. Методи оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію	60
3.4. Методика узагальнення та аналізу отриманих результатів	68
РОЗДІЛ 4. Оцінка впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська	86
4.1. Аналіз сучасного стану якості води річки Бистриця Солотвинська	86
4.2. Вплив житлової, транспортної та промислової інфраструктури на стан річки.....	96

4.3. Оцінка змін прибережної захисної смуги внаслідок урбанізації	103
4.4. Виявлення основних екологічних проблем досліджуваної ділянки річки	109
РОЗДІЛ 5. Заходи щодо покращення гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська	115
5.1. Напрями зменшення антропогенного навантаження на річкову екосистему	115
5.2. Заходи з відновлення та охорони прибережної захисної смуги	121
5.3. Рекомендації щодо екологічного моніторингу річки в умовах урбанізації	128
ВИСНОВКИ	135
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	138

ВСТУП

У сучасних умовах урбанізація є одним із найважливіших чинників трансформації природного середовища. Розширення міських територій, зростання щільності забудови, розвиток транспортної, житлово-комунальної та промислової інфраструктури супроводжуються посиленням антропогенного навантаження на водні об'єкти. Особливо вразливими до такого впливу є річкові екосистеми, оскільки вони безпосередньо реагують на зміни у водозбірному басейні, стан прибережних територій, якості поверхневого стоку та рівень забруднення стічними водами.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю оцінювання впливу урбанізованого середовища на гідроекологічний стан річок, що протікають у межах міст. Річка Бистриця Солотвинська є важливим водним об'єктом Івано-Франківської області та має значне природне, екологічне, рекреаційне й водогосподарське значення. У межах м. Івано-Франківська вона зазнає впливу житлової забудови, транспортної інфраструктури, зливових випусків, рекреаційного навантаження, засмічення берегів і трансформації прибережно-захисних смуг. Це може призводити до зміни фізико-хімічних показників якості води, погіршення кисневого режиму, зростання вмісту завислих речовин, біогенних елементів, нафтопродуктів та інших забруднювальних речовин.

Проблема збереження малих і середніх річок в урбанізованих умовах є особливо важливою, оскільки такі водні об'єкти мають обмежену здатність до самоочищення та швидко реагують на зміни природного середовища. Недостатній контроль за поверхневим стоком, порушення режиму прибережно-захисних смуг, засмічення берегів, неорганізована рекреація та локальні джерела забруднення погіршують екологічну стійкість річкових екосистем. Тому комплексне дослідження гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська є необхідним для визначення основних джерел антропогенного впливу та розроблення природоохоронних заходів.

Метою бакалаврської роботи є дослідження впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська в межах урбанізованої території м. Івано-Франківська та обґрунтування заходів щодо покращення її екологічного стану.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Проаналізувати теоретичні основи впливу урбанізації на гідроекологічний стан річкових екосистем.
- Охарактеризувати основні чинники антропогенного навантаження на поверхневі води в межах урбанізованих територій.
- Розглянути показники, які використовуються для оцінювання гідроекологічного стану річок.
- Надати фізико-географічну та екологічну характеристику басейну річки Бистриця Солотвинська.
- Провести оцінювання стану води та прибережної території річки в межах міської ділянки.
- Визначити найбільш проблемні ділянки річки та основні джерела антропогенного впливу.
- Запропонувати природоохоронні заходи для зменшення негативного впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки.

Об'єктом дослідження є річка Бистриця Солотвинська в межах урбанізованої території м. Івано-Франківська.

Предметом дослідження є вплив урбанізаційних чинників на гідроекологічний стан річки, якість поверхневих вод і стан прибережної території.

У процесі виконання роботи використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: аналіз літературних і нормативно-правових джерел, польові спостереження, порівняльний аналіз, оцінювання фізико-хімічних показників якості води, візуальне обстеження прибережної території, узагальнення та систематизацію отриманих результатів.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для організації моніторингу стану річки Бистриця Солотвинська, визначення пріоритетних ділянок для природоохоронних заходів, покращення стану прибережно-захисних смуг, контролю зливових випусків, зменшення засмічення берегів і підвищення екологічної безпеки урбанізованої території.

Бакалаврська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків. У першому розділі розглянуто теоретичні основи впливу урбанізації на гідроекологічний стан річок. У другому розділі подано характеристику району дослідження та річки Бистриця Солотвинська. У третьому розділі описано методичні підходи до оцінювання якості води та антропогенного навантаження на прибережну територію. У четвертому розділі проаналізовано результати дослідження та визначено основні напрями покращення гідроекологічного стану річки.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УРБАНІЗАЦІЇ НА ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧОК

1.1. Поняття урбанізації та її вплив на природні водні об'єкти

Урбанізація є одним із провідних соціально-економічних і просторових процесів сучасного розвитку суспільства, що проявляється у зростанні чисельності міського населення, розширенні територій міст, концентрації промислових, транспортних, житлово-комунальних та інфраструктурних об'єктів. Вона супроводжується істотною трансформацією природного середовища, зокрема зміною ландшафтної структури територій, порушенням природного водного балансу, збільшенням антропогенного навантаження на ґрунти, атмосферне повітря та водні об'єкти [1, 4]. Особливо чутливими до впливу урбанізації є річкові екосистеми, оскільки вони безпосередньо реагують на зміни у водозбірному басейні. Річка є не лише водним потоком, а складною природною системою, що включає русло, заплаву, прибережно-захисні смуги, донні відклади, водну рослинність, гідробіонтів та прилеглі ландшафти. Будь-яке втручання в межах басейну річки, зокрема забудова, осушення територій, зміна рельєфу, скидання стічних вод або знищення прибережної рослинності, впливає на її гідроекологічний стан [2, 6].

Одним із головних наслідків урбанізації є збільшення частки водонепроникних поверхонь - доріг, тротуарів, дахів будівель, промислових майданчиків, паркінгів. У природних умовах значна частина атмосферних опадів просочується у ґрунт, поповнює підземні води та поступово надходить до річок. У міському середовищі цей процес порушується: вода швидко стікає з поверхні через зливову каналізацію або безпосередньо потрапляє у водотоки. Це призводить до різких коливань рівня води в річках, збільшення поверхневого стоку, посилення ерозійних процесів і підвищення ризику локальних підтоплень [3, 8].

Важливим чинником впливу урбанізованих територій на річки є

забруднення поверхневого стоку. Дощові та талі води змивають із міських поверхонь нафтопродукти, важкі метали, завислі речовини, залишки протиожеледних реагентів, побутове сміття, мікропластик, органічні речовини та інші забруднювачі. У результаті погіршується якість води, змінюються її фізико-хімічні властивості, знижується вміст розчиненого кисню, зростає каламутність і токсичне навантаження на водні організми [5, 10].

Суттєвий вплив на природні водні об'єкти мають також господарсько-побутові та промислові стічні води. Навіть за наявності очисних споруд у річки можуть надходити залишкові концентрації біогенних елементів, органічних сполук, синтетичних поверхнево-активних речовин, фармацевтичних препаратів, мікробіологічних забруднювачів та інших речовин. Надлишкове надходження сполук азоту і фосфору сприяє евтрофікації водойм, тобто надмірному розвитку водоростей і водної рослинності. Це може призводити до «цвітіння» води, погіршення її запаху, зниження прозорості та дефіциту кисню, що негативно позначається на стані іхтіофауни й інших гідробіонтів.

Урбанізація також змінює морфологічні характеристики річок. У межах міст русла часто випрямляють, поглиблюють, бетонують або укладають у колектори. Такі заходи порушують природну динаміку водотоку, зменшують площу заплав, погіршують самоочисну здатність річки та руйнують природні місця існування водних і прибережних організмів. Зникнення меандрів, заболочених ділянок, прибережної рослинності та природних берегів призводить до збіднення біорізноманіття й порушення екологічної рівноваги водної екосистеми [7, 9]. Окремою проблемою є деградація прибережно-захисних смуг. У процесі міського розвитку прибережні території часто забудовуються, використовуються для рекреації, прокладання доріг, розміщення гаражів, стоянок або несанкціонованих сміттєзвалищ. Втрата природної рослинності вздовж берегів знижує здатність прибережної зони затримувати забруднювачі, закріплювати ґрунт і підтримувати сприятливі умови для існування живих організмів. Унаслідок цього посилюється берегова ерозія, підвищується замулення русла та зменшується екологічна стійкість

річки [11, 12].

Вплив урбанізації на водні об'єкти проявляється не лише у хімічному забрудненні, а й у зміні гідрологічного режиму. Збільшення обсягів поверхневого стоку, регулювання русел, водозабір для господарських потреб, зменшення інфільтрації та порушення живлення підземними водами можуть спричиняти зниження водності річок у меженний період. У малих річках ці зміни особливо помітні, оскільки вони мають обмежену здатність до самовідновлення та швидко реагують на антропогенне навантаження. Гідроекологічний стан річок в урбанізованих умовах визначається сукупністю фізичних, хімічних, біологічних і морфологічних показників. До основних ознак погіршення стану водного об'єкта належать підвищення концентрації забруднювальних речовин, зниження якості води, замулення русла, зменшення біорізноманіття, порушення природного стоку, деградація берегів і прибережної рослинності. Тому оцінювання впливу урбанізації на річки потребує комплексного підходу, що враховує як стан самої води, так і особливості водозбірної території [13, 15]. Урбанізація є потужним чинником трансформації природних водних об'єктів. Її вплив проявляється через зміну водного режиму, збільшення поверхневого стоку, надходження забруднювачів, руйнування природних берегових екосистем і зниження біологічного різноманіття. Найбільш вразливими до такого впливу є малі річки, які часто протікають через густозабудовані території та зазнають постійного антропогенного навантаження [14, 16].

1.2 Основні чинники антропогенного навантаження на річкові екосистеми в межах урбанізованих територій

Антропогенне навантаження на річкові екосистеми в межах урбанізованих територій формується внаслідок сукупної дії господарсько-побутових, промислових, транспортних, комунальних, рекреаційних та містобудівних чинників. У міському середовищі річки зазнають постійного

впливу не лише через безпосереднє скидання забруднених вод, а й через трансформацію всієї водозбірної території. Саме тому оцінювання гідроекологічного стану річок потребує врахування як якості води, так і характеру забудови, стану берегів, рівня розвитку інженерної інфраструктури, інтенсивності транспорту, наявності промислових об'єктів і ступеня збереженості природних прибережних зон [17, 18].

Одним із головних чинників антропогенного навантаження є надходження у річки господарсько-побутових стічних вод. У межах міст формується значна кількість стоків від житлових будинків, закладів освіти, медицини, громадського харчування, торговельних об'єктів та інших установ. Такі води можуть містити органічні речовини, сполуки азоту й фосфору, синтетичні мийні засоби, залишки фармацевтичних препаратів, мікробіологічні забруднювачі та інші компоненти. За недостатнього очищення або аварійного скидання вони погіршують санітарний стан річок, сприяють евтрофікації та зниженню вмісту розчиненого кисню у воді [19, 20].

Важливим джерелом забруднення є промислові стічні води. У містах або поблизу них можуть функціонувати підприємства харчової, хімічної, машинобудівної, нафтогазової, будівельної, енергетичної та інших галузей. Склад промислових стоків залежить від типу виробництва, але часто вони містять завислі речовини, нафтопродукти, важкі метали, солі, кислоти, луги, органічні сполуки та інші речовини, здатні негативно впливати на водні організми. Навіть незначні концентрації токсичних компонентів за тривалого надходження можуть накопичуватися у донних відкладах і включатися в трофічні ланцюги [21, 22].

Окреме місце серед чинників антропогенного навантаження займає поверхневий злив із міських територій. Під час дощів і танення снігу вода змиває з дахів, доріг, тротуарів, автостоянок, промислових майданчиків і дворів різноманітні забруднювачі. До річок разом із зливовим стоком потрапляють частинки ґрунту, пил, пісок, важкі метали, залишки палива і мастил, гума від автомобільних шин, протиожеледні реагенти, побутове сміття

та мікропластик. Такий тип забруднення є небезпечним, оскільки часто має розсіяний характер і його складно повністю контролювати [23, 24].

Значний вплив на річкові екосистеми має транспортна інфраструктура. Автомобільні дороги, мости, залізничні колії, паркінги та автозаправні станції є джерелами хімічного й механічного забруднення. У придорожньому стоку можуть міститися нафтопродукти, важкі метали, поліциклічні ароматичні вуглеводні, солі та тверді частинки. Крім того, транспортна інфраструктура часто змінює природний рельєф, перериває природні шляхи поверхневого стоку, зменшує площу проникних поверхонь і сприяє швидкому надходженню забруднених вод до русла [25, 26].

Не менш важливим чинником є зміна гідрологічного режиму річок. У межах урбанізованих територій природний водний баланс порушується через збільшення частки водонепроникних поверхонь, регулювання русел, будівництво водопропускних споруд, водозабір, осушення заболочених ділянок і зменшення площі природної інфільтрації. Унаслідок цього опади не затримуються у ґрунті, а швидко стікають у річки, спричиняючи різкі підйоми рівня води після злив. Водночас у посушливі періоди річки можуть міліти через недостатнє живлення підземними водами. Такі коливання негативно впливають на стабільність водних екосистем [28, 30].

Суттєвою формою антропогенного впливу є морфологічна трансформація русел. У містах річки часто випрямляють, поглиблюють, укріплюють бетонними конструкціями, беруть у колектори або обмежують штучними берегами. Такі дії зменшують природну різноманітність руслових форм, порушують зв'язок річки із заплавою, знижують здатність водотоку до самоочищення та руйнують місця існування водних і прибережних організмів. Каналізоване русло зазвичай має меншу екологічну цінність, ніж природна річкова ділянка з меандрами, мілководдями, заплавою рослинністю та різноманітними донними субстратами [27, 29].

Особливо небезпечним є порушення прибережно-захисних смуг. Природна прибережна рослинність виконує важливу екологічну функцію:

затримує поверхневий стік, фільтрує забруднювачі, закріплює береги, зменшує ерозію, створює затінення для водотоку та забезпечує умови існування для багатьох видів рослин і тварин. У межах міст ці смуги часто звужуються або повністю зникають унаслідок забудови, прокладання доріг, облаштування рекреаційних зон, городів, автостоянок чи стихійних сміттєзвалищ. Втрата прибережної рослинності робить річку більш вразливою до забруднення, перегрівання води, замулення та біологічної деградації.

До чинників антропогенного навантаження належить також засмічення русел і берегів побутовими відходами. У річки та прибережні зони потрапляють пластикові пляшки, поліетиленові пакети, будівельні відходи, скло, метал, текстиль, залишки їжі та інші види сміття. Таке забруднення не лише погіршує естетичний стан водного об'єкта, а й створює фізичні перешкоди для течії, сприяє підтопленням під час паводків, травмує водних організмів і є джерелом вторинного забруднення, зокрема мікропластиком [30, 31].

Вагомим чинником є надходження біогенних елементів - сполук азоту та фосфору. Їх джерелами можуть бути побутові стоки, мийні засоби, органічні відходи, стоки з присадибних ділянок, зелених зон, сільськогосподарських територій у межах або поблизу міста. Надлишок біогенних речовин спричиняє евтрофікацію водойм, що проявляється у надмірному розвитку водоростей і водної рослинності. Унаслідок цього погіршується прозорість води, змінюється видовий склад гідробіонтів, виникає дефіцит кисню та зростає ризик загибелі риб і безхребетних [32, 33].

Окремо слід виділити теплове забруднення водних об'єктів. У містах температура води може підвищуватися через скидання підігрітих вод, нагрівання поверхневого стоку з асфальту й дахів, зменшення затінення берегів унаслідок вирубування дерев і спрямлення русел. Підвищення температури води знижує розчинність кисню, прискорює біохімічні процеси, змінює умови існування водних організмів і може сприяти активнішому розвитку водоростей [34, 35].

Антропогенне навантаження проявляється також у впливі рекреаційної діяльності. Міські річки часто використовуються для відпочинку населення, прогулянок, рибальства, облаштування пляжів або зелених зон. За відсутності належного управління рекреація може спричиняти витоптування прибережної рослинності, ущільнення ґрунту, засмічення території, руйнування берегів і порушення місць існування тварин. Особливо негативним є поєднання рекреаційного навантаження з недостатньою кількістю контейнерів для сміття, відсутністю громадських вбиралень і слабким контролем за станом прибережної території [36, 38].

Будівельна діяльність у межах водозбірних басейнів також істотно впливає на річкові екосистеми. Під час будівництва житлових комплексів, доріг, мостів, торговельних центрів або промислових об'єктів може відбуватися порушення ґрунтового покриву, знищення рослинності, зміна природного рельєфу та збільшення кількості завислих речовин у поверхневому стоці. Потрапляння великої кількості мінеральних частинок у річку спричиняє замулення русла, зменшує прозорість води, погіршує умови нересту риб і пригнічує донні угруповання [37, 39].

Важливим наслідком антропогенного навантаження є накопичення забруднювачів у донних відкладах. Донні відклади можуть акумулювати важкі метали, органічні токсиканти, нафтопродукти, мікропластик та інші речовини. За певних умов, наприклад під час паводків, днопоглиблювальних робіт або зміни хімічних параметрів води, ці забруднювачі можуть повторно переходити у водне середовище. Таким чином, донні відклади виступають не лише індикатором попереднього забруднення, а й потенційним джерелом вторинного впливу на річкову екосистему [1, 9].

Узагальнюючи, основні чинники антропогенного навантаження на річкові екосистеми в межах урбанізованих територій можна поділити на кілька груп: хімічні, гідрологічні, морфологічні, біологічні, рекреаційні та ландшафтно-планувальні. Хімічні чинники пов'язані зі скиданням забруднених вод і поверхневим зливом; гідрологічні - зі зміною стоку та

водного режиму; морфологічні - з перебудовою русла й берегів; біологічні - зі зміною видового складу та зниженням біорізноманіття; рекреаційні - з використанням прибережних територій населенням; ландшафтно-планувальні - із забудовою водозбірних площ і деградацією природних екосистем [2, 10].

Річкові екосистеми в містах перебувають під впливом багатофакторного антропогенного навантаження. Найбільш небезпечним є поєднання кількох чинників одночасно: забруднення стічними водами, поверхневий змив із доріг, руйнування прибережних смуг, спрямлення русла та засмічення берегів. Така комплексна дія знижує здатність річки до саморегуляції та самоочищення, погіршує якість води, зменшує біорізноманіття і спричиняє деградацію водної екосистеми. Тому для збереження річок у межах урбанізованих територій необхідні системний моніторинг, ефективне очищення стічних і зливових вод, відновлення природних берегів, дотримання режиму прибережно-захисних смуг і впровадження екологічно орієнтованого міського планування [4, 20].

1.3. Показники гідроекологічного стану поверхневих вод

Гідроекологічний стан поверхневих вод є комплексною характеристикою якості водного середовища, умов існування водних організмів, особливостей гідрологічного режиму, морфологічного стану русла та рівня антропогенного навантаження на водний об'єкт. Для річкових екосистем цей стан визначається не лише хімічним складом води, а й сукупністю фізичних, біологічних, санітарно-мікробіологічних, токсикологічних та гідроморфологічних показників. Саме тому оцінювання поверхневих вод має здійснюватися комплексно, оскільки окремий показник не завжди дає повне уявлення про реальний екологічний стан річки [3, 16].

Поверхневі води в межах урбанізованих територій зазнають постійного впливу стічних вод, поверхневого змиву, транспортної інфраструктури, забудови прибережних зон, рекреаційного навантаження та зміни природного водного режиму. Унаслідок цього змінюються фізичні властивості води, її

хімічний склад, кисневий режим, біологічна продуктивність, видовий склад гідробіонтів і здатність водної екосистеми до самоочищення. Тому показники гідроекологічного стану є важливими індикаторами якості води та рівня порушення природної рівноваги річкової системи [7, 4].

До першої групи належать органолептичні та фізичні показники, які характеризують зовнішні властивості води та умови перебігу фізичних процесів у водному середовищі. Серед них важливе значення мають температура, прозорість, колір, запах, каламутність, вміст завислих речовин і електропровідність. Температура води впливає на швидкість біохімічних реакцій, розчинність кисню, активність мікроорганізмів і життєдіяльність водних організмів. У міських річках температура може підвищуватися через нагрівання поверхневого стоку з асфальтованих територій, відсутність прибережного затінення або скидання підігрітих вод [12, 15].

Прозорість і каламутність води є важливими показниками наявності завислих частинок, глинистих і органічних речовин, продуктів ерозії ґрунтів та антропогенних домішок. Підвищена каламутність погіршує проникнення світла у товщу води, знижує інтенсивність фотосинтезу водних рослин, порушує умови існування донних організмів і може свідчити про надходження забрудненого поверхневого стоку. Вміст завислих речовин особливо зростає після злив, будівельних робіт, руйнування берегів або змиву ґрунту з урбанізованих територій [4, 21].

Важливе значення має водневий показник рН, який характеризує кислотність або лужність водного середовища. Більшість водних організмів пристосована до існування в певному діапазоні рН, тому його різкі зміни можуть негативно впливати на біологічні процеси у водоймі. Зміщення рН може бути спричинене скиданням промислових стоків, потраплянням органічних речовин, процесами евтрофікації, зміною складу донних відкладів або надходженням атмосферних опадів із забруднених територій [5, 30].

Одним із найважливіших показників гідроекологічного стану є кисневий режим води. Він характеризується вмістом розчиненого кисню, біохімічним

споживанням кисню та хімічним споживанням кисню. Розчинений кисень необхідний для дихання риб, безхребетних, мікроорганізмів і перебігу процесів самоочищення води. Зниження його концентрації свідчить про погіршення екологічного стану водойми, надмірне надходження органічних речовин або інтенсивне розкладання водної рослинності [14, 25].

Біохімічне споживання кисню показує кількість кисню, яка витрачається мікроорганізмами на розкладання органічних речовин у воді. Чим вищим є цей показник, тим більшим є органічне забруднення водного об'єкта. Для міських річок підвищення біохімічного споживання кисню часто пов'язане зі скиданням недостатньо очищених господарсько-побутових стічних вод, потраплянням органічних відходів, листя, харчових залишків або стоків із зелених зон [17, 37].

Хімічне споживання кисню характеризує загальну кількість кисню, необхідну для окиснення органічних і частково неорганічних речовин хімічним шляхом. Цей показник дозволяє оцінити сумарне забруднення води речовинами, які можуть окиснюватися. Високі значення хімічного споживання кисню свідчать про значне надходження забруднювачів, зокрема зі стічними водами, промисловими скидами, поверхневим стоком або зливом із територій з інтенсивною господарською діяльністю [3, 18].

До важливих хімічних показників належать мінералізація, жорсткість, електропровідність, вміст хлоридів і сульфатів. Вони відображають загальний сольовий склад води та можуть змінюватися під впливом природних і антропогенних чинників. У межах міст підвищення вмісту солей часто пов'язане із застосуванням протиожедних реагентів, надходженням стоків із доріг, промислових майданчиків, будівельних територій або комунальних об'єктів. Зміна сольового складу може впливати на осморегуляцію водних організмів і змінювати видовий склад біоценозів [9, 17].

Особливу увагу під час оцінювання гідроекологічного стану поверхневих вод приділяють біогенним елементам, насамперед сполукам азоту та фосфору. До них належать амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати та загальний

фосфор. Ці речовини є необхідними для розвитку водних організмів, однак їх надмірне надходження спричиняє евтрофікацію водойм. У міських річках джерелами біогенних речовин можуть бути побутові стічні води, мийні засоби, органічні відходи, стік із зелених зон, присадибних ділянок і територій із порушеною каналізаційною інфраструктурою [16, 31].

Підвищений вміст амонійного азоту часто свідчить про свіже органічне забруднення, зокрема надходження побутових стоків або продуктів розкладання органічної речовини. Нітрити є проміжною формою перетворення азоту і можуть вказувати на активні процеси забруднення та недостатнє самоочищення. Нітрати є більш окисненою формою азоту, однак за високих концентрацій вони також негативно впливають на водні екосистеми. Надлишок фосфатів стимулює розвиток водоростей і може призводити до «цвітіння» води, зменшення прозорості та дефіциту кисню [19, 25].

До небезпечних показників забруднення належать нафтопродукти, важкі метали, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, пестициди, поліциклічні ароматичні вуглеводні та інші токсиканти. У межах урбанізованих територій ці речовини можуть надходити до річок із промисловими стоками, транспортних магістралей, автозаправних станцій, ремонтних майстерень, паркінгів, будівельних майданчиків і несанкціонованих сміттєзвалищ. Їхня небезпека полягає у токсичності, здатності накопичуватися у донних відкладах і живих організмах, а також у тривалому збереженні в екосистемі [16, 27]. Важкі метали, зокрема свинець, кадмій, мідь, цинк, нікель, хром і ртуть, є особливо небезпечними для водних екосистем. Вони можуть впливати на фізіологічні процеси у риб, безхребетних і водних рослин, пригнічувати розвиток мікроорганізмів, змінювати структуру біоценозів і накопичуватися в харчових ланцюгах. У міських річках важкі метали часто пов'язані з дорожнім пилом, зношуванням шин і гальмівних колодок, промисловими викидами, корозією металевих конструкцій та поверхневим зливом із забруднених територій [34, 31].

Окрему групу становлять санітарно-мікробіологічні показники, які характеризують рівень бактеріального забруднення води. До них належать загальне мікробне число, колі-індекс, наявність бактерій групи кишкової палички та інші мікробіологічні індикатори. Їх підвищення свідчить про фекальне забруднення, можливе надходження неочищених або недостатньо очищених побутових стоків, аварійні скиди каналізації або забруднення прибережної території. Такі показники мають важливе значення для оцінки безпечності води для рекреаційного використання та загального санітарного стану річки [33, 38].

Важливу роль в оцінюванні гідроекологічного стану відіграють гідробіологічні показники. Вони відображають реакцію живих організмів на зміни умов середовища і дозволяють оцінити не лише миттєвий стан води, а й тривалий вплив забруднення. До таких показників належать видовий склад і чисельність фітопланктону, зоопланктону, макрозообентосу, іхтіофауни, водної та прибережної рослинності. Зменшення біорізноманіття, зникнення чутливих видів і переважання стійких до забруднення організмів свідчать про погіршення екологічного стану водного об'єкта [36, 39].

Особливо інформативним є стан макрозообентосу - донних безхребетних організмів, які мешкають у ґрунті, мулі, піску, на камінні та водній рослинності. Ці організми малорухливі й тривалий час перебувають у певній ділянці річки, тому добре відображають локальні умови забруднення. За наявності чистої, насиченої киснем води у річці трапляються чутливі види, тоді як за органічного забруднення переважають витривалі організми, здатні існувати в умовах дефіциту кисню [13, 23].

Фітопланктон і водна рослинність також є важливими індикаторами стану поверхневих вод. Надмірний розвиток водоростей може свідчити про підвищений вміст біогенних елементів і процеси евтрофікації. Зміна видового складу рослинності, заростання русла, поява великої кількості нитчастих водоростей або зменшення природної прибережної рослинності вказують на порушення екологічної рівноваги. У міських річках ці явища часто

поєднуються із замуленням, зменшенням швидкості течії та надходженням органічних речовин [2, 31].

До показників гідроекологічного стану належать також гідрологічні характеристики: витрата води, швидкість течії, рівень води, сезонні коливання стоку, водність річки, частота паводків і тривалість меженних періодів. У межах урбанізованих територій ці показники можуть істотно змінюватися через забудову водозбору, збільшення площі водонепроникних поверхонь, роботу зливової каналізації, водозабір і регулювання русел. Порушення гідрологічного режиму впливає на здатність річки до самоочищення, транспорт наносів, стан донних відкладів і умови існування гідробіонтів [6, 26].

Не менш важливими є гідроморфологічні показники, які характеризують фізичну будову річкового русла та прибережної зони. До них належать природність русла, наявність меандрів, стан берегів, ступінь укріплення або бетонування, зв'язок річки із заплавою, наявність прибережної рослинності, замулення, ерозія берегів і наявність штучних перешкод. У містах гідроморфологічні порушення часто є одним із головних чинників погіршення екологічного стану, навіть якщо хімічні показники води не перевищують допустимих значень [7, 24].

Важливим компонентом оцінки є стан донних відкладів. Вони можуть накопичувати органічні речовини, важкі метали, нафтопродукти, мікропластик та інші забруднювачі. Донні відклади є своєрідним архівом забруднення річки, оскільки в них фіксуються наслідки тривалого антропогенного впливу. За певних умов забруднювачі з донних відкладів можуть повторно переходити у воду, що створює ризик вторинного забруднення. Тому аналіз мулу та донних наносів є важливою складовою комплексного гідроекологічного дослідження [19, 24].

Для узагальнення результатів дослідження часто використовують інтегральні показники якості води, які дозволяють комплексно оцінити стан водного об'єкта за сукупністю параметрів. Такі підходи дають змогу

порівнювати різні ділянки річки, визначати найбільш забруднені зони, простежувати динаміку змін у часі та оцінювати ефективність природоохоронних заходів. Інтегральна оцінка є особливо важливою для урбанізованих територій, де на річку одночасно впливають багато джерел забруднення [23, 28].

У практиці гідроекологічних досліджень доцільно поєднувати лабораторні аналізи води з польовими спостереженнями. Лабораторні дослідження дозволяють визначити концентрації хімічних речовин, біогенних елементів, токсикантів і мікробіологічних показників. Польові спостереження дають змогу оцінити стан русла, берегів, прибережної рослинності, наявність скидів, сміття, замулення, ерозії та інших візуальних ознак антропогенного впливу. Поєднання цих методів забезпечує більш повну характеристику гідроекологічного стану річки [25, 31]. Показники гідроекологічного стану поверхневих вод охоплюють широкий спектр характеристик: фізичні, хімічні, кисневі, біогенні, токсикологічні, мікробіологічні, біологічні, гідрологічні та гідроморфологічні. Кожна група показників відображає окремий аспект функціонування водної екосистеми, а їх сукупний аналіз дозволяє об'єктивно оцінити рівень антропогенного навантаження та екологічної трансформації річки. Для урбанізованих територій особливо важливими є показники органічного забруднення, вмісту біогенних речовин, нафтопродуктів, важких металів, стану прибережних смуг, гідрологічного режиму та біорізноманіття. Комплексне використання цих показників є основою для розроблення ефективних заходів з охорони, відновлення та раціонального використання поверхневих вод [28, 31].

1.4. Нормативно-правове забезпечення охорони поверхневих вод в Україні

Нормативно-правове забезпечення охорони поверхневих вод в Україні є складною системою законів, кодексів, постанов Кабінету Міністрів України,

державних стратегій, стандартів, правил і методичних документів, які регулюють використання, охорону, відтворення та моніторинг водних ресурсів. Його основна мета полягає у забезпеченні раціонального водокористування, запобіганні забрудненню водних об'єктів, збереженні екологічної рівноваги річкових басейнів і гарантуванні безпечних умов життєдіяльності населення. Станом на 5 червня 2026 року ключовими актами у цій сфері залишаються Водний кодекс України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», законодавство про водовідведення, очищення стічних вод, оцінку впливу на довкілля, державний моніторинг вод і басейнове управління водними ресурсами [29, 31].

Центральне місце у системі правового регулювання водних відносин займає Водний кодекс України. Він визначає правові засади використання, охорони та відтворення водних ресурсів, регламентує права й обов'язки водокористувачів, встановлює порядок спеціального водокористування, охорони вод від забруднення, засмічення і виснаження. Для дослідження гідроекологічного стану річок особливе значення мають положення, що стосуються охорони водних об'єктів, встановлення лімітів забору та використання води, а також лімітів скидання забруднювальних речовин у водні об'єкти [33, 35].

Водний кодекс також закріплює необхідність охорони водних об'єктів у межах водозбірних басейнів. Це особливо важливо для річок урбанізованих територій, оскільки їхній стан залежить не лише від якості води у руслі, а й від характеру землекористування, забудови, стану прибережних захисних смуг, рівня очищення стічних вод і організації зливого стоку. У межах міст правове значення мають положення щодо водоохоронних зон і прибережних захисних смуг, оскільки саме ці території виконують бар'єрну, фільтраційну, протиерозійну та екологічну функції [37, 39].

Загальні правові, економічні та соціальні основи охорони довкілля визначає Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Він є базовим екологічним законом, який регулює відносини у

сфері охорони, використання і відтворення природних ресурсів, зокрема водних. У контексті охорони поверхневих вод цей закон встановлює загальні принципи екологічної безпеки, раціонального природокористування, відповідальності за порушення природоохоронного законодавства та необхідності запобігання негативному впливу господарської діяльності на довкілля [31, 37]. Важливим елементом нормативного забезпечення є дозвільна система спеціального водокористування. Вона застосовується у випадках забору води з водних об'єктів, використання води у виробничих або комунальних цілях, а також скидання зворотних вод у поверхневі водні об'єкти. Порядок видачі, переоформлення та припинення дії дозволів на спеціальне водокористування затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 13 березня 2002 року № 321; у 2025 році до нього вносилися зміни, зокрема у зв'язку з розвитком системи інтегрованого довкілцевого дозволу [34, 38].

Для охорони річок від забруднення особливе значення мають Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 року № 465. Цей документ встановлює вимоги до умов скидання зворотних вод у водні об'єкти, визначає підходи до контролю якості води у контрольних створах і спрямований на недопущення погіршення стану поверхневих вод унаслідок надходження забруднювальних речовин [35, 39].

Окремий блок правового регулювання становить законодавство у сфері водовідведення та очищення стічних вод. Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод» визначає правові, економічні та організаційні засади функціонування систем водовідведення, що має безпосереднє значення для охорони міських річок від забруднення господарсько-побутовими та виробничими стоками. Для урбанізованих територій це особливо актуально, оскільки технічний стан каналізаційних мереж, ефективність очисних споруд і контроль за скидами значною мірою визначають рівень антропогенного навантаження на річкові екосистеми [23, 29].

У 2024 році було затверджено Порядок очищення стічних вод перед скиданням в уразливих зонах, який встановлює спеціальні вимоги до очищення стічних вод перед їх скиданням з метою зменшення або запобігання шкідливому впливу на навколишнє природне середовище. Такий підхід є важливим для водойм, чутливих до евтрофікації, надходження біогенних речовин і органічного забруднення [31, 32].

Правове значення для охорони водних ресурсів має також Закон України «Про питну воду та питне водопостачання». Хоча його основний предмет регулювання пов'язаний із забезпеченням населення питною водою, він має безпосередній зв'язок із охороною поверхневих і підземних джерел водопостачання. Забруднення річок у межах міст може впливати на якість води, що використовується або потенційно може використовуватися для господарсько-питних потреб, тому охорона джерел водопостачання є важливою складовою водної безпеки [34, 36].

Важливим інструментом запобігання негативному впливу господарської діяльності на поверхневі води є оцінка впливу на довкілля. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» регламентує процедуру оцінювання можливих екологічних наслідків планованої діяльності до ухвалення рішення про її провадження. Для охорони річок це важливо у випадках будівництва промислових об'єктів, очисних споруд, гідротехнічних споруд, доріг, мостів, видобувних об'єктів та інших видів діяльності, які можуть впливати на поверхневі води, русла, заплави або прибережні території [23, 26].

На стратегічному рівні важливу роль виконує стратегічна екологічна оцінка. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» застосовується до документів державного планування, зокрема стратегій, програм, містобудівної документації та планів розвитку територій, реалізація яких може мати наслідки для довкілля. Для урбанізованих територій цей інструмент є важливим, оскільки дозволяє оцінити вплив майбутньої забудови, транспортної інфраструктури, промислових зон або комунальних об'єктів на поверхневі води ще на етапі планування [24, 31]. Окреме значення має

державний моніторинг вод. Порядок здійснення державного моніторингу вод затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року № 758. Він визначає основні вимоги до організації моніторингу, взаємодії органів виконавчої влади та збору інформації про стан вод. Для оцінювання гідроекологічного стану річок моніторинг є базовим джерелом даних про фізико-хімічні, хімічні, біологічні та гідроморфологічні показники якості води [25, 33].

Сучасна водна політика України поступово переходить до басейнового принципу управління водними ресурсами. Такий підхід передбачає, що управління водами здійснюється не лише за адміністративними межами, а насамперед у межах річкових басейнів. Практичним інструментом цього підходу є плани управління річковими басейнами. У нормативних документах 2025 року прямо згадуються затверджені плани управління річковими басейнами Дніпра, Дону, Вісли, Дністра, Південного Бугу, річок Причорномор'я, Приазов'я, Криму та Дунаю на 2025–2030 роки [26, 34].

Стратегічні напрями розвитку водної політики визначені Водною стратегією України на період до 2050 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 року № 1134-р. Вона спрямована на забезпечення водної безпеки, адаптацію водного сектору до кліматичних змін, поліпшення якості вод, розвиток моніторингу, модернізацію водної інфраструктури та наближення управління водними ресурсами до європейських підходів [27, 38]. Для промислових підприємств, які можуть здійснювати значний вплив на довкілля, важливим є Закон України «Про інтегроване запобігання та контроль промислового забруднення», прийнятий у 2024 році. Він запроваджує підхід інтегрованого довкілцевого дозволу, що враховує вплив промислової установки на різні компоненти довкілля, зокрема на водні об'єкти. Для охорони поверхневих вод це означає посилення контролю за промисловими скидами, впровадження кращих доступних технологій та комплексне запобігання забрудненню [14, 31].

У практичному вимірі нормативно-правове забезпечення охорони поверхневих вод реалізується через встановлення екологічних нормативів, видачу дозволів на спеціальне водокористування, контроль за скидами, організацію державного моніторингу, проведення оцінки впливу на довкілля, дотримання режиму прибережних захисних смуг, розроблення планів управління річковими басейнами та впровадження заходів з модернізації систем водовідведення. Для міських річок особливо важливими є норми, що регулюють очищення стічних вод, зливовий стік, забудову прибережних територій і збереження природних берегових екосистем [15, 32]. Водночас наявність нормативно-правової бази не завжди гарантує належний стан поверхневих вод. Проблемами залишаються зношеність каналізаційної інфраструктури, недостатній рівень очищення стічних вод, несанкціоновані скиди, засмічення русел, порушення режиму прибережних захисних смуг, слабкий контроль за зливовою каналізацією та обмежені можливості місцевих громад щодо фінансування природоохоронних заходів. Тому ефективність правового забезпечення залежить не лише від наявності законів, а й від їх практичного виконання, міжвідомчої координації, належного фінансування, екологічного контролю та участі громадськості [16, 33]. Нормативно-правове забезпечення охорони поверхневих вод в Україні охоплює загальне екологічне, водне, санітарне, містобудівне, дозвільне та стратегічне законодавство. Його основу становлять Водний кодекс України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», акти щодо спеціального водокористування, охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, державного моніторингу вод, оцінки впливу на довкілля, стратегічної екологічної оцінки, водовідведення та очищення стічних вод [18, 32].

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РІЧКИ БИСТРИЦЯ СОЛОТВИНСЬКА

2.1. Фізико-географічна характеристика басейну річки Бистриця Солотвинська

Басейн річки Бистриця Солотвинська розташований у межах Івано-Франківської області та належить до басейнової системи Дністра. Річка є одним із двох головних витоків річки Бистриці, яка надалі впадає у Дністер. Бистриця Солотвинська має гірсько-передгірний характер, що зумовлює особливості її водного режиму, руслових процесів, формування стоку та чутливість до антропогенного навантаження. За даними Енциклопедії сучасної України, довжина річки становить 82 км, площа басейну - 795 км², а бере вона початок у Горганах біля підніжжя гори Сивуля; інші джерела подають довжину 82–84 км [15, 36].

У фізико-географічному відношенні басейн Бистриці Солотвинської охоплює гірську частину Українських Карпат, передгірні території та ділянки Передкарпаття. Верхів'я річки формуються в межах Горган - гірського району, для якого характерні значні висотні перепади, круті схили, висока залісненість і кам'яністі русла водотоків. У верхній течії річка має типовий гірський характер: швидку течію, значний похил русла, порожисті ділянки, валунно-галькове дно та вузьку долину. Саме ці особливості сприяють інтенсивному поверхневому стоку після сильних опадів і формуванню короточасних паводків [16, 37].

Верхня частина басейну є найбільш природною за ландшафтною структурою. Тут переважають лісові екосистеми, які виконують важливу водорегулювальну, ґрунтозахисну та протиерозійну функції. Лісова рослинність затримує частину атмосферних опадів, сприяє інфільтрації води у ґрунт, зменшує швидкість поверхневого стоку та запобігає надмірному змиву ґрунтових частинок у річкову мережу. У гірській частині басейну природні

умови значною мірою визначають якість води, оскільки саме тут формується значна частина річкового стоку [5, 34].

За характером рельєфу долина Бистриці Солотвинської змінюється від вузької гірської до ширшої передгірної. У горах, до села Пороги, долина має V-подібну форму, трапляються водоспади й пороги; нижче за течією вона поступово розширюється і біля Солотвина може досягати близько 2 км завширшки. Така зміна форми долини свідчить про перехід від гірських ерозійних процесів до передгірних акумулятивних процесів, де зменшується швидкість течії, зростає роль заплави, терас і донних відкладів [2, 15].

Середня та нижня течія річки проходить через більш освоєні території, де природні ландшафти поєднуються з населеними пунктами, транспортною інфраструктурою, сільськогосподарськими угіддями та міською забудовою. У цій частині басейну зростає антропогенне навантаження на водний об'єкт: збільшується частка забудованих і водонепроникних поверхонь, посилюється поверхневий змив, з'являються ризики надходження забруднювальних речовин із побутовими, зливовими та господарськими стоками. Особливо важливою є ділянка в межах Івано-Франківська, де річка взаємодіє з урбанізованим середовищем і зазнає впливу міської інфраструктури [13, 25].

Клімат басейну Бистриці Солотвинської формується під впливом Карпат і Передкарпаття. Для рівнинної та передгірної частин Івано-Франківської області характерний помірно континентальний, достатньо вологий клімат із м'якою зимою та теплим літом. У гірській частині клімат прохолодніший і вологіший, а кількість опадів зростає зі збільшенням висоти. У плані управління річковим басейном Дністра зазначено, що у формуванні клімату верхнього й середнього Дністра важливу роль відіграють Карпати; для гірської частини басейну характерні знижені температури повітря та підвищена вологість [27, 29].

Гідрологічний режим Бистриці Солотвинської значною мірою залежить від атмосферних опадів, сніготанення та особливостей рельєфу. Для річок карпатського типу характерні різкі коливання рівня води, швидке формування

паводків після інтенсивних дощів, а також зниження водності в посушливі періоди. У верхів'ї річка швидко реагує на опади через значні похили схилів і русла, тоді як у середній та нижній течії важливу роль відіграють заплавні ділянки, тераси й акумуляція наносів. За даними Великої української енциклопедії, середня витрата води Бистриці Солотвинської становить близько 11,45 м³/с [31, 35].

Геологічні та геоморфологічні умови басейну сприяють активним русловим процесам. У гірській частині потоки переносять значну кількість уламкового матеріалу - гальки, гравію, піску та валунів. Під час паводків ці наноси переміщуються вниз за течією, формуючи перекати, острови, розгалуження русла та нестійкі берегові ділянки. У передгірній і міській частинах така природна динаміка може вступати в конфлікт із господарським використанням території, оскільки руслові зміни впливають на стан мостів, берегозахисних споруд, рекреаційних зон і прибережної забудови [35, 38].

Ґрунтовий покрив басейну змінюється відповідно до висотної поясності та типу рельєфу. У гірській частині поширені бурі гірсько-лісові ґрунти, які формуються під лісовою рослинністю, а на передгірних і рівнинних ділянках трапляються дерново-підзолисті, лучні та алювіальні ґрунти річкових долин. Ґрунти заплавних територій мають важливе екологічне значення, оскільки беруть участь у природному фільтруванні поверхневого стоку, затриманні завислих речовин і підтриманні прибережної рослинності. Для Передкарпаття загалом характерні дерново-підзолисті ґрунти, а в Карпатах ґрунтовий покрив змінюється з висотою [1, 8].

Рослинний покрив басейну також має виражену висотну та ландшафтну диференціацію. У верхній частині переважають лісові масиви, які стабілізують схили, зменшують ерозію та підтримують природний режим стоку. У середній течії лісові території поступово змінюються мозаїкою лук, сільськогосподарських угідь, населених пунктів і прибережних зелених зон. У нижній течії, особливо в межах урбанізованих територій, природна прибережна рослинність часто фрагментована або замінена штучними

насадженнями, забудовою, дорогами чи рекреаційними об'єктами. Це знижує здатність прибережної зони виконувати буферну функцію [5, 31].

Фізико-географічні умови басейну Бистриці Солотвинської безпосередньо впливають на гідроекологічний стан річки. Гірське походження забезпечує добру природну проточність, високу аерацію води та здатність до самоочищення у верхній течії. Водночас значні похили, паводковий режим і активне перенесення наносів підвищують ризик ерозії берегів і замулення окремих ділянок. У нижній течії природні чинники поєднуються з антропогенними: забудовою, транспортною інфраструктурою, зливовим стоком, рекреаційним використанням берегів і можливим забрудненням поверхневих вод [9, 12].

Басейн річки Бистриця Солотвинська є складною гірсько-передгірною природною системою, у якій поєднуються карпатські, передкарпатські та урбанізовані ландшафти. Верхів'я річки характеризуються високою природністю, швидкою течією, вузькою долиною та значною роллю лісів у формуванні стоку. Середня й нижня течія мають ширшу долину, більшу господарську освоєність і вищий рівень антропогенного навантаження. Саме така поєднаність природних і міських чинників робить Бистрицю Солотвинську показовим об'єктом для дослідження впливу урбанізації на гідроекологічний стан поверхневих вод [14, 15].

2.2. Гідрологічні особливості річки Бистриця Солотвинська

Річка Бистриця Солотвинська належить до басейну Дністра і є одним із головних витоків річки Бистриці. Її гідрологічні особливості значною мірою визначаються гірсько-передгірним положенням басейну, значними похилами русла у верхній течії, переважанням дощового живлення та швидкою реакцією водотоку на атмосферні опади. За даними Енциклопедії сучасної України, довжина річки становить 82 км, площа басейну - 795 км², річка бере початок

у Горганах біля підніжжя гори Сивуля, а її долина у верхній частині має V-подібну форму, з порогами й водоспадами [17, 22].

У верхній течії Бистриця Солотвинська має типовий гірський характер. Для неї властиві значний похил русла, швидка течія, кам'янисте та галькове дно, порожисті ділянки, різкі коливання рівня води після інтенсивних опадів. У гірській частині русло активно формує наноси, переносить уламковий матеріал і бере участь у природних ерозійно-аккумулятивних процесах. У таких умовах водний потік має високу енергію, що сприяє добрій аерації води, але водночас підвищує ризик берегової ерозії та руйнування руслових форм під час паводків [18, 32].

Нижче за течією, у передгірній частині, характер річки поступово змінюється. Долина розширюється, швидкість течії зменшується, збільшується роль заплави, алювіальних відкладів і руслових розгалужень. За даними ЕСУ, нижче гірської ділянки долина Бистриці Солотвинської розширюється і біля Солотвина може досягати близько 2 км завширшки; русло річки є звивистим, розгалуженим, вкрите галькою, середня глибина становить 1–1,5 м, а похил річки - близько 12 м/км [12, 35].

Живлення Бистриці Солотвинської є переважно дощовим, із участю снігового та підземного живлення. Найбільше значення мають атмосферні опади, особливо інтенсивні дощі у теплий період року. У гірських умовах вода швидко стікає схилами до руслової мережі, тому річка швидко реагує на зливи підвищенням рівня води. Снігове живлення відіграє важливу роль навесні, коли танення снігу в гірській частині басейну спричиняє збільшення стоку. Підземне живлення підтримує водність річки в меженні періоди, однак його роль є меншою порівняно з дощовим [14, 36].

Водний режим річки є нестійким і паводковим. Це означає, що протягом року рівень води може багаторазово змінюватися залежно від кількості опадів, температурних умов і танення снігу. Для карпатської частини басейну Дністра загалом характерний паводковий режим протягом усього року; у Плані управління річковим басейном Дністра зазначено, що саме верхня частина

басейну формує близько двох третин річного стоку Дністра, а літньо-осінній період дає близько 60 % річного стоку, весняний - близько 25 %, зимовий - близько 15 % [15, 38].

Для Бистриці Солотвинської характерні часті паводки, які можуть виникати як навесні, так і влітку. Весняні підйоми рівня води пов'язані переважно з таненням снігу, тоді як літні та осінні паводки формуються внаслідок тривалих або інтенсивних дощів. У гірській частині басейну паводки мають швидкий розвиток: рівень води може підвищуватися за короткий час, а потік переносить значну кількість завислих речовин, гальки, гравію та органічного матеріалу. Це впливає не лише на гідрологічний режим, а й на якість води, стан донних відкладів і умови існування водних організмів [19, 34].

У меженні періоди, тобто під час тривалої відсутності опадів або в умовах літньої спеки, водність річки зменшується. У такі періоди знижується швидкість течії, зменшується здатність річки до розбавлення забруднювальних речовин, а температура води може підвищуватися. Це особливо важливо для урбанізованих ділянок, зокрема в межах Івано-Франківська, де до річки можуть надходити поверхневий змив, зливові води та інші антропогенні домішки. За низької водності навіть незначні обсяги забруднення можуть мати відчутніший вплив на гідроекологічний стан водотоку [20, 33].

Важливою особливістю річки є наявність систематичних гідрологічних спостережень. За даними ЕСУ, на Бистриці Солотвинській діють гідрологічні пости біля Івано-Франківська з 1887 року та біля села Гута з 1911 року. Такі пости мають велике значення для вивчення багаторічної динаміки рівнів води, витрат, паводкових явищ і сезонних змін водного режиму [33, 35].

За даними Великої української енциклопедії, середня витрата води за спостереженнями на гідрологічному посту в місті Івано-Франківську становить близько 11,45 м³/с, а мінералізація води - приблизно 300 мг/дм³. Ці показники свідчать про відносно значну водність річки для регіонального

рівня, однак фактичні витрати води можуть істотно змінюватися залежно від сезону, кількості опадів, паводкових ситуацій і тривалості посушливих періодів [37, 39].

Льодовий режим Бистриці Солотвинської також має сезонний характер. За енциклопедичними даними, річка зазвичай замерзає на початку січня, а скресає на початку березня. Проте в умовах сучасних кліматичних змін тривалість льодоставу може бути нестійкою, особливо в нижній та урбанізованій частинах течії. Підвищення зимових температур, часті відлиги та зміни кількості опадів можуть впливати на тривалість льодового періоду, формування зажорів, весняне водопілля та загальний сезонний розподіл стоку[23, 33].

Гідрологічний режим річки тісно пов'язаний із русловими процесами. У верхній течії переважають процеси ерозії та транспортування уламкового матеріалу, тоді як у середній і нижній течії посилюється роль акумуляції наносів. Під час паводків річка може змінювати окремі ділянки русла, підмивати береги, формувати галькові коси, острови та рукави. Такі процеси є природними для гірсько-передгірних річок, однак у межах населених пунктів вони можуть створювати ризики для мостів, доріг, водозаборів, берегозахисних споруд і прибережної забудови [34, 39].

У межах Івано-Франківська гідрологічні особливості Бистриці Солотвинської зазнають додаткового впливу урбанізованого середовища. Забудова територій, асфальтовані поверхні, дороги, мости, зливові каналізація та регулювання прибережних зон змінюють природний характер поверхневого стоку. Під час дощів вода швидше потрапляє до русла, що може сприяти різкішому підвищенню рівня води. Водночас міський поверхневий стік може переносити завислі речовини, нафтопродукти, важкі метали, побутове сміття та інші забруднювачі [32, 36].

З гідроекологічної точки зору, паводковий режим має подвійне значення. З одного боку, підвищена водність сприяє розбавленню забруднювальних речовин, промиванню русла, насиченню води киснем і підтриманню

природної динаміки річкової екосистеми. З іншого боку, паводки можуть переносити велику кількість забрудненого поверхневого стоку з урбанізованих територій, змивати сміття з берегів, піднімати донні відклади та спричиняти вторинне забруднення води. Тому під час оцінювання гідроекологічного стану річки важливо враховувати не лише середні показники якості води, а й сезонні та паводкові зміни [22, 28].

Бистриця Солотвинська є гірсько-передгірною річкою з переважно дощовим живленням, нестійким водним режимом і частими паводками. Її гідрологічний режим формується під впливом карпатського рельєфу, значної кількості опадів, швидкого поверхневого стоку, сніготанення та руслових процесів. У верхній течії річка має високу швидкість течії, значну здатність до самоочищення й активне перенесення наносів, тоді як у нижній течії, особливо в межах Івано-Франківська, природні гідрологічні процеси поєднуються з антропогенним впливом. Саме ця поєднаність природної паводковості, сезонної мінливості водності та міського навантаження визначає важливість комплексного гідроекологічного моніторингу Бистриці Солотвинської [14, 23].

2.3. Урбанізаційні процеси в межах досліджуваної території

Басейн річки Бистриця Солотвинська характеризується вираженою просторовою неоднорідністю урбанізаційного навантаження, що зумовлено особливостями фізико-географічної будови та історично сформованою системою розселення. Річка бере початок у найвищій частині Горган, на висоті близько 1390 м, біля підніжжя гір Малої Сивулі та Бистрика, тече переважно на північний схід і неподалік села Вовчинець зливається з Бистрицею Надвірнянською, утворюючи річку Бистрицю - притоку Дністра. За довжини 82–84 км та площі водозбору 795 км² басейн охоплює три ландшафтно-функціональні зони з принципово різним характером антропогенного

освоєння: гірську (верхів'я), передгірну (середня течія) та рівнинно-урбанізовану (понижся) [13, 24].

Зональна диференціація урбанізаційного навантаження. У верхній частині басейну, у межах гірської зони до с. Пороги, де долина річки V-подібна, а похил сягає значних величин, рівень урбанізації мінімальний. Тут переважають невеликі гірські поселення з дисперсним типом забудови, а господарська діяльність пов'язана переважно з лісовим господарством та рекреацією. Натомість антропогенне навантаження зростає в напрямку до гирла, де долина розширюється (біля смт Солотвин - до 2 км завширшки), і досягає максимуму в пониззі [17, 39].

Ключовим урбоцентром і головним фактором техногенної трансформації басейну є місто Івано-Франківськ, розташоване в межиріччі Бистриці Солотвинської та Бистриці Надвірнянської, безпосередньо поблизу місця їх злиття. Концентрація населення, промислових об'єктів, транспортної та комунальної інфраструктури в цій частині водозбору формує найгостріший вузол еколого-урбанізаційних суперечностей [19, 33].

Структурні особливості міської забудови та їх екологічні наслідки. Урбанізаційні процеси в межах Івано-Франківська супроводжуються низкою проблем, що мають безпосередній вплив на стан водних об'єктів басейну. Проблема забруднення стосується насамперед центральної частини міста, що зберігає радіально-променеву планувальну структуру, є щільно забудованою та важко піддається реконструкції через капітальність житлової і громадської забудови. У центральній частині виникають значні труднощі з організацією руху транспорту, оскільки пропускна спроможність вуличної мережі не відповідає інтенсивності транспортних потоків і не витримує транзитного навантаження [20, 24].

Серед системних слабких сторін екологічної ситуації міста, виявлених у межах стратегічної екологічної оцінки, дослідники відзначають відсутність оновленого генерального плану, нерегульовану забудову та недостатню кількість зелених зон, а також недостатню транспортну інфраструктуру.

Скорочення площ зелених насаджень і ущільнення забудови безпосередньо знижують інфільтраційну здатність території, збільшують частку непроникних поверхонь і, відповідно, обсяги поверхневого стоку, що надходить у річкову мережу [25, 31].

Вплив урбанізації на гідрохімічний режим річки. Найвиразнішим індикатором урбанізаційного тиску є погіршення якості води нижче міста. Несприятлива ситуація формується на ділянці річки Бистриця нижче м. Івано-Франківська внаслідок скидання недостатньо очищених зворотних вод КП «Івано-Франківськекотехпром». Серед основних причин такого стану на водних об'єктах області загалом називають відсутність очисних споруд, низький ступінь очищення зворотних вод через перевантаження й недотримання технологічного режиму на існуючих спорудах, а також відсутність технології очищення від розчинених мінеральних речовин [31, 35].

Супутні форми антропогенної трансформації водозбору. Урбанізація в межах басейну розглядається не ізольовано, а в комплексі із землекористуванням, що посилює її екологічні наслідки. До чинників, які поглиблюють вразливість території, належать розселення людей і забудова територій без урахування зсувонебезпечних ділянок, селевих потоків та ймовірності затоплення; розорювання земель на ерозійно-небезпечних схилах за відсутності протиерозійних заходів; а також значне зменшення лісистості водозборів річок із порушенням вікової структури лісових насаджень. Загальнообласною тенденцією, що відображає динаміку урбанізації, є зростання площ забудованих земель: за десятиліття площа забудованих земель збільшилася на 6,4 тис. га [35, 38].

Таким чином, урбанізаційні процеси в межах досліджуваної території мають яскраво виражений градієнтний характер - від мінімального навантаження у гірському верхів'ї до критичної концентрації техногенного тиску в пониззі, у зоні впливу Івано-Франківської міської агломерації. Поєднання щільної історичної забудови, дефіциту очисних потужностей, скорочення зелених зон та супутньої трансформації земель водозбору формує

комплекс чинників, що визначають зростання антропогенного навантаження на річку Бистриця Солотвинська. Це обґрунтовує необхідність екологічного моніторингу саме на ділянках нижче основного урбоцентру, де урбанізаційний вплив на якість поверхневих вод є найвиразнішим, і визначає вибір ключових точок відбору проб у подальших розділах роботи [21, 25].

2.4. Основні джерела забруднення та антропогенного впливу на річку

Бистриця Солотвинська є гірсько-передгірною річкою, гідроекологічний стан якої формується під впливом як природних, так і антропогенних чинників. У верхній течії, де переважають лісові й відносно малозмінені ландшафти, антропогенне навантаження є менш інтенсивним. Натомість у середній та нижній течії, особливо в межах населених пунктів і міста Івано-Франківська, зростає вплив житлової забудови, транспортної інфраструктури, зливового стоку, рекреаційного використання берегів, господарської діяльності та локальних випадків забруднення стічними водами. У Плані управління річковим басейном Дністра на 2025–2030 роки зазначено, що соціально-економічна структура басейну створює передумови для значного антропогенного навантаження на екосистеми поверхневих вод [24, 28].

Одним із найважливіших джерел впливу є урбанізований поверхневий стік. У межах Івано-Франківська та прилеглих територій значні площі зайняті дорогами, тротуарами, житловою забудовою, промислово-комунальними майданчиками, автостоянками й мостовими переходами. Під час дощів і танення снігу з цих поверхонь у річку можуть надходити завислі речовини, пил, пісок, нафтопродукти, залишки протиожедних реагентів, важкі метали, частинки гуми від автомобільних шин, побутове сміття та мікропластик. Такий стік часто має розсіяний характер, тому його складніше контролювати, ніж організовані скиди з конкретних випусків [29, 31].

Особливо помітним цей чинник стає після інтенсивних опадів, коли забруднення швидко змивається з міської території до річкової мережі. Для

Бистриці Солотвинської це важливо ще й тому, що річка має паводковий режим і швидко реагує на дощі. У такі періоди до русла потрапляє підвищена кількість завислих речовин, органічних домішок і сміття, а каламутність води може різко зростати. Урбанізований поверхневий стік погіршує фізико-хімічні властивості води, сприяє замуленню окремих ділянок русла та збільшує навантаження на водну біоту [32, 36].

Важливим чинником є комунально-побутові стічні води та стан систем водовідведення. У самому Івано-Франківську функціонує розгалужена каналізаційна система: за даними КП «Івано-Франківськводокотехпром», у 2020 році вона охоплювала понад 338 км каналізаційних мереж, а міські стічні води подавалися на очисні споруди в с. Ямниця потужністю 90 тис. м³/добу, де здійснюється механічне та біологічне очищення. Водночас частина головних колекторів, вуличних і внутрішньоквартальних мереж була вказана як ветха та аварійна, що створює потенційні ризики аварійних витоків або несанкціонованого потрапляння забруднень у водні об'єкти [33, 37].

Для Бистриці Солотвинської показовим є зафіксований випадок у селі Угринів, де у 2024 році Державна екологічна інспекція Карпатського округу підтвердила забруднення поверхневих вод через витoki з колектора мережі водовідведення у потічок Безіменний, який далі забруднював Бистрицю Солотвинську. Лабораторні дослідження підтвердили забруднення за показниками амонію, хімічного споживання кисню та біохімічного споживання кисню за 5 діб. Це свідчить, що навіть локальні порушення роботи водовідвідної інфраструктури можуть мати прямий вплив на гідрохімічний стан річки [38, 40].

До основних джерел забруднення належить також транспортна інфраструктура. Через Бистрицю Солотвинську та її прибережні ділянки проходять дороги, мости, під'їзні шляхи, зони паркування та інші елементи міського транспорту. Автомобільний транспорт є джерелом нафтопродуктів, важких металів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, мінерального пилу, гумових частинок і солей, які разом із дощовим стоком можуть потрапляти до

річки. У місцях мостових переходів і транспортних розв'язок посилюється локальне навантаження на береги, змінюється характер поверхневого стоку та зростає ризик засмічення прибережної зони [1, 11].

Окрему групу впливів становить будівництво та інженерне освоєння прибережних територій. У межах міста річкові долини часто використовуються для прокладання доріг, будівництва мостів, укріплення берегів, облаштування рекреаційних зон і розміщення інфраструктурних об'єктів. Такі роботи можуть супроводжуватися порушенням ґрунтового покриву, знищенням прибережної рослинності, потраплянням будівельного пилу й завислих частинок у воду, а також зміною природної морфології русла. Для гірсько-передгірної річки, яка природно переносить значну кількість наносів, додаткове порушення берегів може посилювати ерозійні процеси та замулення [3, 12].

Суттєвим чинником антропогенного впливу є засмічення русла та прибережно-захисної смуги. У межах міста до берегів і води можуть потрапляти пластикові пляшки, поліетилен, скло, металеві предмети, автомобільні шини, будівельні залишки та інші тверді побутові відходи. Державна екологічна інспекція повідомляла, що під час акції «День води» у 2023 році було прибрано близько 1 км прибережно-захисних смуг річки Прут у Чернівцях і Бистриці Солотвинської в Івано-Франківську та зібрано 22 м³ твердих побутових відходів [3, 15].

Проблема засмічення підтверджується й більш пізніми повідомленнями про очищення русла. У травні 2026 року місцеві служби під час обстеження річок Івано-Франківська вказували, що на Бистриці Солотвинській ситуація була гіршою, ніж на Бистриці Надвірнянській: з води дістали близько 250 кг старих автомобільних шин та іншого непотребу, найбільше засмічення фіксували в районі місцевої металобази. Таке забруднення має не лише естетичний, а й екологічний вплив, оскільки відходи можуть руйнувати середовища існування гідробіонтів, сприяти накопиченню мікропластику та створювати перешкоди для течії [5, 13].

Важливим джерелом впливу є рекреаційне навантаження. Береги Бистриці Солотвинської використовуються населенням для відпочинку, прогулянок, рибальства, купання та неорганізованої рекреації. За відсутності належної інфраструктури це може призводити до витоптування рослинності, ущільнення ґрунту, руйнування берегів, залишення побутового сміття та забруднення води органічними речовинами. Особливо вразливими є ділянки, де рекреаційне використання поєднується з автомобільним під'їздом до берегів або стихійним облаштуванням місць відпочинку [4, 20]. Ще одним чинником є порушення прибережно-захисних смуг. Природна прибережна рослинність виконує функцію буфера між річкою та антропогенно освоєною територією: затримує забруднювачі, зменшує поверхневий змив, укріплює береги, створює затінення та підтримує умови існування прибережних і водних організмів. У межах урбанізованих територій ця рослинність часто фрагментована або замінена газонами, дорогами, забудовою, рекреаційними майданчиками чи стихійними стежками. У результаті зростає надходження забруднювачів до води та посилюється берегова ерозія [5, 8].

Для Бистриці Солотвинської важливе значення має також водозабір і господарське використання водних ресурсів. Річка використовується у системі водопостачання Івано-Франківська: у Плані управління річковим басейном Дністра зазначений пункт моніторингу на Бистриці Солотвинській біля с. Скобичівка, пов'язаний із питним водозабором міста Івано-Франківська. Тому забруднення річки має не лише екосистемне, а й водогосподарське значення, адже якість поверхневих вод впливає на безпеку та стабільність водопостачання [6, 14]. Не можна ігнорувати сільськогосподарський і побутово-господарський вплив у межах басейну. У середній течії та на притоках Бистриці Солотвинської поширені сільські населені пункти, присадибні ділянки, городи, луки й сільськогосподарські землі. З таких територій до річкової мережі можуть надходити біогенні речовини, органічні рештки, завислі частинки ґрунту, залишки добрив і побутові стоки з недостатньо облаштованих систем каналізування. Надлишкове надходження

сполук азоту й фосфору може посилювати евтрофікаційні процеси, особливо на ділянках зі сповільненою течією [7, 21]. Окремим видом впливу є гідроморфологічна трансформація русла. Для захисту міської інфраструктури від паводків, укріплення берегів, будівництва мостів або облаштування рекреаційних територій русло річки може зазнавати спрямлення, розчищення, підсилення, берегоукріплення чи локального регулювання. Такі зміни порушують природну динаміку русла, зменшують різноманітність біотопів, змінюють швидкість течії та погіршують умови існування донних організмів, риб і прибережної рослинності. Для гірсько-передгірної річки це особливо важливо, оскільки природні руслові процеси є частиною її екологічного функціонування [8, 23]. Узагальнено основні джерела забруднення та антропогенного впливу на Бистрицю Солотвинську можна поділити на кілька груп: комунально-побутові стоки та аварійні витoki з мереж водовідведення; зливовий стік із міської території; транспортне забруднення; засмічення берегів і русла твердими побутовими відходами; рекреаційне навантаження; порушення прибережно-захисних смуг; будівельні й руслорегулювальні роботи; сільськогосподарський змив у межах басейну; водозабір і зміна природного водного режиму. Найбільш небезпечним є поєднання кількох чинників одночасно, коли хімічне забруднення доповнюється механічним засміченням, деградацією берегів і зміною руслових процесів [9, 21].

Бистриця Солотвинська зазнає комплексного антропогенного впливу, який посилюється в нижній течії та в межах Івано-Франківської міської агломерації. Основними джерелами забруднення є поверхневий змив із забудованих територій, транспортна інфраструктура, потенційні аварійні або несанкціоновані скиди стічних вод, засмічення берегів і русла, рекреаційне використання прибережної зони та гідроморфологічні зміни. Саме тому оцінювання гідроекологічного стану річки має враховувати не лише лабораторні показники якості води, а й стан прибережної смуги, характер землекористування в басейні, наявність джерел скидів, засмічення русла та рівень урбанізаційного навантаження [21, 32].

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ

3.1. Вибір ділянок спостереження та точок відбору проб води

Об'єктивна оцінка гідроекологічного стану річки значною мірою залежить від правильної організації мережі спостережень. Розміщення пунктів контролю та точок відбору проб води є визначальним етапом дослідження, оскільки саме від репрезентативності обраних ділянок залежить достовірність подальших гідрохімічних, гідрофізичних та біоіндикаційних висновків. Невдало організована мережа спостережень здатна спотворити реальну картину якості води, тоді як науково обґрунтоване розташування точок дозволяє виявити просторову динаміку забруднення та встановити вплив окремих джерел антропогенного навантаження.

Вибір ділянок спостереження у цій роботі здійснювався відповідно до вимог чинних нормативних документів, що регламентують відбір проб поверхневих вод, зокрема ДСТУ ISO 5667-1 «Якість води. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб та методик відбирання», ДСТУ ISO 5667-6 «Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків», ДСТУ ISO 5667-3 «Якість води. Відбирання проб. Частина 3. Консервування та поводження з пробами води», а також КНД 211.1.0.009-94 «Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних та технологічних вод».

Об'єктом дослідження є річка Бистриця Солотвинська, інша назва - Бистриця Золота, - водотік у межах Івано-Франківського району Івано-Франківської області, лівий витік Бистриці, що належить до басейну Дністра. Річка бере початок у Горганах, поблизу підніжжя гори Сивуля Велика, та поблизу села Вовчинець зливається з Бистрицею Надвірнянською, утворюючи річку Бистрицю - праву притоку Дністра.

Основні гідрографічні та морфометричні характеристики річки Бистриця Солотвинська наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Гідрографічна характеристика річки Бистриця Солотвинська

Показник	Значення
Довжина річки	82–84 км
Площа водозбору	795 км ²
Загальне падіння	1158 м
Середній похил річки	14,2 м/км
Густота річкової мережі	≈ 0,9 км/км ²
Середня витрата води, гідропост м. Івано-Франківськ	11,45 м ³ /с
Мінералізація води	≈ 300 мг/дм ³
Середня глибина	1,0–1,5 м
Тип живлення	мішане, з переважанням снігово-дощового та участю ґрунтового живлення

Річка має гірсько-передгірський характер, відзначається значною швидкістю течії, нестійким гідрологічним режимом та частими паводками, особливо у весняний період та під час інтенсивних літніх опадів. Бистриця Солотвинська є одним із важливих водних об'єктів Івано-Франківської області, а її води використовуються у системі водозабезпечення м. Івано-Франківська, що зумовлює підвищені вимоги до контролю якості води.

Безпосереднім предметом дослідження є міська ділянка річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська, у районі набережної імені Василя Стефаника. Загальна протяжність досліджуваної ділянки становить близько 4,2 км - від району Пасічнянського мосту, де річка входить у зону інтенсивного міського впливу, до ділянки нижче міської набережної у напрямку с. Вовчинець, поблизу виходу річки з найбільш урбанізованої частини міста.

Вибір саме цієї ділянки зумовлений тим, що в межах міста річка зазнає найбільшого антропогенного навантаження, а набережна є зоною інтенсивного рекреаційного використання. На гідроекологічний стан води в межах досліджуваної ділянки впливають такі основні чинники антропогенного походження:

- скиди зливової, або поверхневої, каналізації з міської території, що можуть нести нафтопродукти, завислі речовини та біогенні елементи з вулично-дорожньої мережі;
- рекреаційне навантаження на прибережну смугу набережної, зокрема відпочинок населення, неорганізоване накопичення сміття, витоптування прибережної рослинності та ущільнення ґрунтового покриву;
- неорганізований поверхневий стік із прилеглих житлових мікрорайонів;
- вплив автотранспортної інфраструктури, зокрема мостів, прилеглих автошляхів, паркувальних зон і ділянок інтенсивного руху транспорту;
- надходження забруднень із приток, дренажних потічків і локальних водовипусків, зокрема в районі мікрорайону Пасічна, де раніше фіксувалися випадки забруднення води.

Під час планування мережі спостережень враховувалися такі основні принципи.

1. Принцип репрезентативності. Точки відбору обиралися так, щоб відібрана проба відображала реальний стан води на відповідній ділянці. Проби відбиралися на відносно прямолінійних ділянках русла з усталеним режимом течії, на достатній відстані від мостів, різких поворотів русла та зон локальної турбулентності.

2. Принцип урахування джерел навантаження. За схемою фоново-контрольного моніторингу точки розташовувалися вище досліджуваної зони, тобто у фоновому створі, безпосередньо у зоні набережної, де очікується максимальне рекреаційне та урбанізаційне навантаження, а також нижче за течією для оцінки трансформації якості води та здатності річки до самоочищення.

3. Принцип урахування гідрологічних особливостей. Під час вибору створів враховувалися місця можливого надходження зливових вод, впадіння потічків, наявність дренажних випусків, зміни морфометрії русла, швидкості течії, глибини та стану берегової лінії.

4. Принцип практичної доступності. Точки обиралися з урахуванням безпечного доступу до води, можливості повторного відбору проб у тих самих створах у різні сезони року, а також зручності фіксації координат, фотофіксації та опису польових умов.

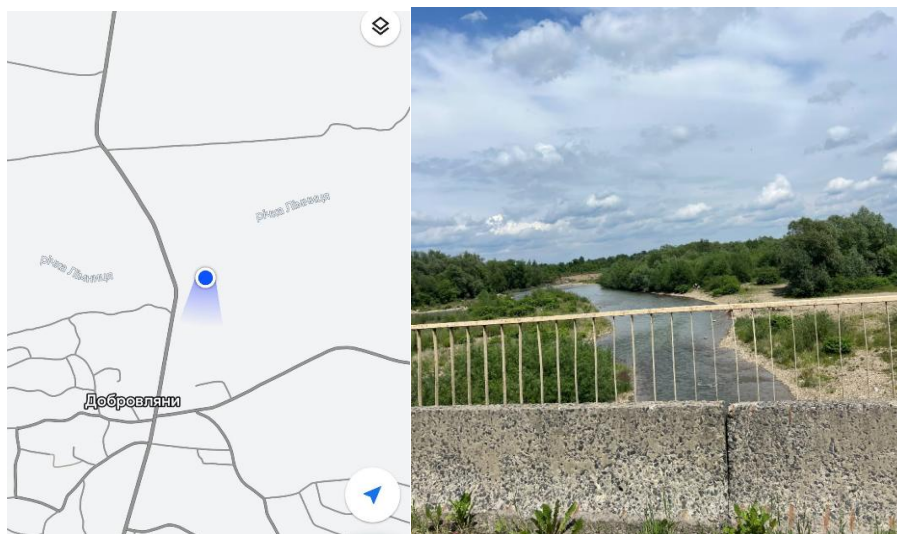


Рис.3.1 Маршрут відбору проб

З урахуванням вищенаведених принципів на досліджуваній ділянці річки в межах набережної м. Івано-Франківська було закладено п'ять контрольних створів, або точок спостереження. Їх характеристику наведено у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Характеристика точок відбору проб води на річці Бистриця Солотвинська, м. Івано-Франківськ

№ точки	Місце розташування	Координати, ф, л	Обґрунтування вибору
T-1	Вище за течією від набережної, район Пасічнянського мосту	48.9239°N, 24.7421°E	Фоновий створ; оцінка умовно вихідних показників якості води до проходження основної зони міського та рекреаційного навантаження
T-2	Початок набережної імені Василя Стефаника,	48.9273°N, 24.7468°E	Оцінка стану води на вході в рекреаційну зону та виявлення початкового впливу міського поверхневого стоку

	верхня межа рекреаційної зони		
T-3	Центральна частина набережної, зона найбільшого рекреаційного навантаження та можливого впливу зливових випусків	48.9314°N, 24.7531°E	Зона безпосереднього антропогенного впливу; контроль впливу рекреації, зливого стоку, засмічення берегів і прилеглої міської інфраструктури
T-4	Нижня межа набережної, нижче основної урбанізованої ділянки	48.9364°N, 24.7603°E	Оцінка сумарного впливу міської ділянки на якість води та фіксація змін після проходження річкою зони рекреаційного й транспортного навантаження
T-5	Нижче за течією від міста, у напрямку с. Вовчинець	48.9432°N, 24.7686°E	Інтегральна оцінка стану води після проходження урбанізованої території та попередня оцінка здатності річки до самоочищення

Примітка. Координати точок визначалися за допомогою мобільного застосунку Google Maps із точністю до ± 10 м. Відстань між сусідніми створами становить орієнтовно 0,8–1,1 км, що дозволяє простежити зміну якості води вздовж досліджуваної міської ділянки.

Періодичність та умови відбору проб

Відбір проб води здійснювався у три етапи, що відповідають характерним гідрологічним фазам року: весняний період підвищеної водності, літня межень та осінній період. Такий підхід дозволяє врахувати сезонну динаміку якості води, пов'язану зі зміною температури, кількості опадів, інтенсивності поверхневого стоку, рекреаційного навантаження та водності річки.

У кожному створі проби відбиралися одноразово під час кожного етапу спостережень. Це забезпечило можливість порівняти просторові зміни якості води між п'ятьма точками, а також простежити сезонну зміну показників у межах досліджуваної ділянки.

Під час кожного виходу на маршрут фіксувалися супутні польові параметри: дата та час відбору, погодні умови, температура повітря та води, візуальні характеристики водойми, зокрема колір, прозорість, каламутність, наявність плівок нафтопродуктів, запах, стан берегів, а також антропогенні особливості ділянки: наявність сміття, активність відпочивальників, сліди витогу прибережної рослинності, наявність зливових випусків або дренажних потічків. Ці дані заносилися до польового журналу спостережень за встановленою формою.

Проби відбиралися у попередньо підготовлений, відмитий та сполоснутий досліджуваною водою посуд із поверхневого горизонту на глибині 0,2–0,5 м, на відстані 1,0–1,5 м від берега. Відбір здійснювався переважно у місцях із помірною течією, без застійних зон і безпосереднього впливу локальних джерел забруднення, щоб проба була максимально репрезентативною для відповідного створу.



Рис.3.2. Відбір проб води

Для визначення нестабільних показників, зокрема температури води, рН та розчиненого кисню, вимірювання виконувалися безпосередньо на місці відбору проб. Показники, які потребують лабораторного аналізу, визначалися після транспортування проб до лабораторії. Транспортування та зберігання

проб до лабораторного аналізу здійснювалося відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667-3 щодо консервування та зберігання проб води.

Загалом за період дослідження лютий 2026 р. - травень 2026 р. було відібрано та проаналізовано 15 проб води: по 5 проб у кожному сезонному етапі спостережень. Така кількість проб є достатньою для попередньої оцінки просторово-часової динаміки гідроекологічного стану досліджуваної ділянки річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська.

Обрана схема розташування точок спостереження дозволяє простежити зміну якості води вздовж міської ділянки набережної, виявити вплив основних джерел забруднення урбанізованої території та оцінити інтенсивність процесів самоочищення водотоку. Отримані результати є основою для подальшого аналізу гідрохімічних, гідрофізичних та інтегральних показників гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська.

3.2. Методи оцінювання фізико-хімічних показників якості води

Експериментальна частина дослідження передбачала комплексне оцінювання фізико-хімічних показників якості води річки Бистриця Солотвинська на міській ділянці в межах м. Івано-Франківська. Метою експериментальних досліджень було встановлення просторових змін якості води вздовж досліджуваної ділянки, виявлення можливого впливу урбанізованої території на гідрохімічний стан річки та оцінювання рівня антропогенного навантаження за основними фізико-хімічними показниками.

Дослідження проводилося на основі проб води, відібраних у п'яти контрольних створах, визначених у підрозділі 3.1. Проби відбиралися у фоновому створі вище за течією від основної зони міського впливу, у межах рекреаційної зони набережної та нижче за течією після проходження річкою урбанізованої ділянки. Така схема дозволила порівняти якість води до, під час і після впливу міського середовища.

Загалом експериментальна частина включала три основні етапи:

- польовий відбір проб води та фіксацію візуальних характеристик водного об'єкта;
- визначення нестабільних показників безпосередньо на місці відбору проб;
- лабораторне визначення фізико-хімічних показників якості води з подальшою обробкою та інтерпретацією результатів.

Для оцінювання фізико-хімічного стану води річки Бистриця Солотвинська було обрано показники, які найбільш повно характеризують загальний стан поверхневих вод, рівень органічного забруднення, мінералізацію, кисневий режим і можливий вплив міського поверхневого стоку.

До переліку основних показників належали: температура води; водневий показник рН; електропровідність; загальна мінералізація; прозорість і каламутність; вміст завислих речовин; розчинений кисень; біохімічне споживання кисню за 5 діб, БСК₅; хімічне споживання кисню, ХСК; амонійний азот; нітрити; нітрати; фосфати; хлориди; сульфати; загальна жорсткість води; нафтопродукти, за наявності відповідного лабораторного забезпечення.

Обрані показники дозволяють оцінити як природні властивості води, так і можливе надходження забруднювальних речовин із міської території, зокрема зливого стоку, транспортної інфраструктури, рекреаційних зон і побутово-господарських джерел.

Польовий етап експерименту проводився безпосередньо на досліджуваних ділянках річки. У кожній точці відбору проб фіксувалися дата, час, погодні умови, температура повітря, стан водної поверхні, колір, запах, прозорість води, наявність піни, плівок нафтопродуктів, сміття, замулення, стан берегів і прибережної рослинності.

Нестабільні показники якості води визначалися безпосередньо на місці відбору проб, оскільки вони можуть швидко змінюватися під час транспортування. До таких показників належали температура води, рН, електропровідність і розчинений кисень.

Температуру води визначали за допомогою електронного термометра або багатопараметричного аналізатора. Вимірювання проводили шляхом занурення датчика у воду на глибину 0,2–0,5 м до стабілізації показника. Температура води є важливим показником, оскільки впливає на розчинність кисню, швидкість біохімічних процесів і життєдіяльність гідробіонтів.

Водневий показник рН визначали за допомогою портативного рН-метра. Перед проведенням вимірювань прилад калібрували за стандартними буферними розчинами. Значення рН характеризує кислотно-лужний стан води та дозволяє виявити можливий вплив стічних вод, органічного забруднення або хімічних домішок.

Електропровідність визначали за допомогою кондуктометра або багатопараметричного приладу. Цей показник відображає сумарний вміст розчинених іонів у воді та може використовуватися для орієнтовної оцінки мінералізації. Підвищення електропровідності може свідчити про надходження мінеральних солей, протиожеледних реагентів, побутових або промислових стоків.

Вміст розчиненого кисню визначали за допомогою оксиметра. Цей показник є одним із найважливіших для оцінки екологічного стану річки, оскільки кисень необхідний для дихання водних організмів і перебігу процесів самоочищення. Зниження концентрації розчиненого кисню може свідчити про надходження органічних речовин, активне мікробіологічне розкладання або евтрофікаційні процеси.

Після відбору проби води доставлялися до лабораторії у герметично закритому посуді. Для запобігання зміні складу проб під час транспортування їх зберігали у прохолодних умовах і аналізували у максимально короткий термін відповідно до вимог щодо зберігання та консервування проб води.

Лабораторне визначення показників здійснювалося за стандартними фізико-хімічними, титриметричними, фотометричними та гравіметричними методами.

Вміст завислих речовин визначали гравіметричним методом. Для цього певний об'єм води фільтрували через попередньо висушений і зважений фільтр. Після фільтрування фільтр із затриманими частинками висушували до сталої маси та повторно зважували. Різниця мас дозволяла визначити кількість завислих речовин у воді. Цей показник характеризує ступінь механічного забруднення, замулення, ерозійного змиву та надходження твердих частинок із міської території.

Каламутність води визначали інструментальним методом за допомогою турбідиметра або візуально-колориметричним способом за наявності відповідного обладнання. Підвищення каламутності може бути пов'язане з надходженням завислих речовин після дощів, змивом ґрунту з берегів, будівельними роботами або паводковими процесами.

Біохімічне споживання кисню за 5 діб, БСК₅, визначали шляхом інкубації проби води протягом п'яти діб за сталої температури з подальшим визначенням зменшення вмісту розчиненого кисню. Показник БСК₅ характеризує кількість кисню, яку споживають мікроорганізми для біохімічного окиснення органічних речовин. Підвищені значення БСК₅ свідчать про органічне забруднення води, яке може бути пов'язане зі стічними водами, побутовими відходами або надходженням органічних решток.

Хімічне споживання кисню, ХСК, визначали методом хімічного окиснення органічних і частково неорганічних речовин. Цей показник дозволяє оцінити сумарний вміст речовин, здатних до окиснення. Високі значення ХСК свідчать про значне забруднення води органічними або хімічними домішками.

Амонійний азот визначали фотометричним методом. Його наявність у підвищених концентраціях може свідчити про свіже органічне або фекальне забруднення, надходження побутових стоків чи процеси розкладання органічної речовини. Для річок урбанізованих територій цей показник є особливо важливим, оскільки дозволяє виявляти вплив каналізаційних витоків або забрудненого поверхневого стоку.

Нітрити визначали фотометричним методом за реакцією з утворенням забарвленої сполуки. Нітрити є проміжною формою перетворення сполук азоту, тому їх підвищений вміст може свідчити про активні процеси забруднення та недостатнє самоочищення води.

Нітрати визначали фотометричним або іон-селективним методом. Нітрати є більш окисненою формою азоту і можуть надходити у воду з поверхневим стоком, побутовими стічними водами, добривами, ґрунтовим зливом і дренажними водами. Їх надлишок може сприяти евтрофікації водойм.

Фосфати визначали фотометричним методом. Вони є важливими біогенними елементами, однак у підвищених концентраціях сприяють надмірному розвитку водоростей і водної рослинності. Основними джерелами фосфатів у міських умовах можуть бути мийні засоби, побутові стоки, органічні відходи та поверхневий стік.

Хлориди визначали титриметричним методом. Підвищений вміст хлоридів може бути пов'язаний із надходженням побутових стоків, дренажних вод або протиожеледних реагентів із дорожньої мережі. У міських річках цей показник є інформативним для оцінки впливу транспортної та комунальної інфраструктури.

Сульфати визначали турбідиметричним або гравіметричним методом. Їх концентрація залежить як від природних геохімічних умов, так і від антропогенного впливу. Підвищення вмісту сульфатів може бути пов'язане з промисловими, побутовими або дренажними стоками.

Загальну жорсткість води визначали комплексонометричним титруванням. Цей показник характеризує вміст іонів кальцію та магнію у воді. Жорсткість має важливе значення для оцінки природної мінералізації води та її придатності для господарського використання.

Вміст нафтопродуктів, за наявності необхідного обладнання, визначали екстракційно-фотометричним або інфрачервоним методом. Цей показник є важливим для міських ділянок річок, оскільки нафтопродукти можуть

надходити з автомобільних доріг, паркінгів, автозаправних станцій, мостів і зливової каналізації.

Таблиця 3.3 Методи визначення фізико-хімічних показників якості води

Показник	Метод визначення	Місце визначення	Екологічне значення показника
Температура води	Термометричний метод	Польові умови	Впливає на кисневий режим і біохімічні процеси
pH	Потенціометричний метод	Польові умови / лабораторія	Характеризує кислотно-лужний стан води
Електропровідність	Кондуктометричний метод	Польові умови / лабораторія	Відображає сумарний вміст розчинених іонів
Мінералізація	Розрахунковий або гравіметричний метод	Лабораторія	Характеризує загальний вміст розчинених речовин
Прозорість	Візуальний метод	Польові умови	Відображає ступінь освітленості та наявність завислих частинок
Каламутність	Турбідиметричний метод	Лабораторія	Характеризує механічне забруднення води
Завислі речовини	Гравіметричний метод	Лабораторія	Вказує на надходження твердих частинок і замулення
Розчинений кисень	Оксиметричний метод	Польові умови	Характеризує кисневий режим водного середовища

БСК ₅	Інкубаційний метод	Лабораторія	Вказує на рівень органічного забруднення
ХСК	Метод хімічного окиснення	Лабораторія	Характеризує сумарне хімічне забруднення
Амонійний азот	Фотометричний метод	Лабораторія	Свідчить про свіже органічне забруднення
Нітрити	Фотометричний метод	Лабораторія	Вказують на проміжні процеси окиснення азоту
Нітрати	Фотометричний або іон-селективний метод	Лабораторія	Характеризують надходження біогенних речовин
Фосфати	Фотометричний метод	Лабораторія	Є індикатором ризику евтрофікації
Хлориди	Титриметричний метод	Лабораторія	Можуть свідчити про вплив побутових або дорожніх стоків
Сульфати	Турбідиметричний метод	Лабораторія	Характеризують сольовий склад води
Загальна жорсткість	Комплексонометричне титрування	Лабораторія	Відображає вміст кальцію та магнію
Нафтопродукти	Екстракційно-фотометричний метод	Лабораторія	Вказують на транспортне та техногенне забруднення

Після проведення лабораторних аналізів отримані результати систематизувалися у вигляді таблиць для кожної точки спостереження. Для кожного показника визначалися фактичні значення, після чого проводилося порівняння між контрольними створами Т-1–Т-5.

Особлива увага приділялася виявленню змін якості води вздовж течії річки. Фоновий створ Т-1 використовувався для характеристики умовного

природного стану води до входження річки у зону інтенсивного міського впливу. Створи Т-2 і Т-3 дозволяли оцінити вплив рекреаційного навантаження, міського поверхневого стоку та зливової каналізації. Створ Т-4 характеризував сумарний вплив набережної та прилеглої урбанізованої території. Створ Т-5 використовувався для оцінки стану води після проходження міської ділянки та попередньої характеристики здатності річки до самоочищення.

Оцінювання якості води здійснювалося шляхом порівняння отриманих значень із нормативними або орієнтовно допустимими значеннями для поверхневих вод. Також аналізувалася динаміка показників між точками відбору. Підвищення вмісту завислих речовин, БСК₅, ХСК, амонійного азоту, нітритів, фосфатів, хлоридів або нафтопродуктів у межах міської ділянки розглядалося як ознака посилення антропогенного навантаження.

Для наочності результати експериментальних досліджень доцільно подавати у вигляді таблиць, графіків і діаграм, що відображають зміну основних показників якості води за течією річки. Такий підхід дозволяє виявити найбільш забруднені ділянки, оцінити вплив окремих джерел навантаження та сформулювати практичні рекомендації щодо поліпшення гідроекологічного стану Бистриці Солотвинської.

Для забезпечення достовірності отриманих результатів під час дослідження дотримувалися основних вимог до відбору, транспортування, зберігання та аналізу проб води. Посуд для відбору проб попередньо очищувався та споліскувався досліджуваною водою. Проби відбиралися з однакової глибини та на приблизно однаковій відстані від берега. Вимірювання нестабільних показників проводилися безпосередньо на місці відбору.

Під час лабораторного аналізу використовувалися стандартні методики визначення показників якості води, а результати заносилися до журналу лабораторних досліджень. У разі отримання нетипових або різко відмінних

значень проводилася перевірка умов відбору проб, стану обладнання та правильності виконання методики.

Таким чином, використана система методів оцінювання фізико-хімічних показників якості води дозволяє комплексно охарактеризувати гідроекологічний стан міської ділянки річки Бистриця Солотвинська. Поєднання польових вимірювань, лабораторних аналізів і порівняльної оцінки результатів забезпечує можливість виявлення основних ознак антропогенного впливу та є основою для подальшого аналізу якості поверхневих вод у межах урбанізованої території.

3.3. Методи оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію

Оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію річки Бистриця Солотвинська є важливою складовою комплексного дослідження її гідроекологічного стану. Якість поверхневих вод значною мірою залежить не лише від безпосереднього хімічного складу води, а й від стану прилеглої прибережної смуги, характеру землекористування, наявності джерел забруднення, рівня рекреаційного використання, засмічення берегів і ступеня порушення природної рослинності.

У межах урбанізованих територій прибережна зона виконує особливо важливу екологічну функцію. Вона затримує поверхневий стік, зменшує надходження завислих речовин і забруднювачів у русло, стабілізує береги, підтримує біорізноманіття та створює буфер між річковою екосистемою і міською інфраструктурою. Порушення цієї зони призводить до збільшення антропогенного навантаження на водний об'єкт, посилення ерозійних процесів, погіршення самоочисної здатності річки та зниження екологічної стійкості водної екосистеми.

Метою оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію було виявлення основних джерел впливу на річку Бистриця

Солотвинська в межах досліджуваної міської ділянки, визначення ступеня порушення прибережної смуги та встановлення зв'язку між станом берегової зони і фізико-хімічними показниками якості води.

Оцінювання антропогенного навантаження здійснювалося методом маршрутного обстеження прибережної території вздовж досліджуваної ділянки річки. Обстеження проводилося у межах п'яти контрольних створів, які відповідали точкам відбору проб води Т-1–Т-5. Для кожного створу аналізувалася прибережна смуга на лівому та правому берегах річки в межах орієнтовно 50 м вище і 50 м нижче точки відбору проб.

Такий підхід дозволив поєднати результати гідрохімічного аналізу води з візуальною оцінкою стану прибережної території. Це є важливим, оскільки забруднення води часто пов'язане з локальними особливостями берегової зони: наявністю сміття, зливових випусків, вибитих ділянок, рекреаційних зон, автомобільних під'їздів або порушеної рослинності.

Під час польового обстеження фіксувалися такі характеристики:

- загальний стан прибережної смуги;
- наявність природної деревно-чагарникової та трав'яної рослинності;
- ступінь вибитування берегів;
- наявність побутового, будівельного або іншого сміття;
- наявність стихійних місць відпочинку;
- сліди під'їзду автотранспорту до води;
- наявність зливових випусків, дренажних труб або потічків;
- ознаки ерозії та руйнування берегів;
- наявність забудови, доріг, мостів або інженерних споруд поблизу русла;
- наявність неприємного запаху, піни, маслянистих плівок або зміни кольору води біля берега.

Усі спостереження заносилися до польового журналу, доповнювалися фотофіксацією та коротким описом кожної ділянки.

Для кількісного оцінювання стану прибережної території було використано систему індикаторів, які найбільш повно відображають рівень антропогенного впливу на річкову екосистему в межах міста.

До основних індикаторів антропогенного навантаження було віднесено:

Засмічення прибережної території. Цей показник характеризує наявність побутових відходів, пластику, скла, металу, поліетилену, будівельного сміття, автомобільних шин та інших предметів у межах берегової зони. Високий рівень засмічення свідчить про інтенсивне рекреаційне навантаження, недостатній рівень благоустрою та низьку ефективність контролю за станом прибережної смуги.

Порушення природної рослинності. Оцінювався ступінь збереженості трав'яної, чагарникової та деревної рослинності. Прибережна рослинність виконує буферну функцію, затримує поверхневий стік, зменшує ерозію та створює умови для існування прибережних організмів. Її знищення або фрагментація є ознакою деградації берегової зони.

Рекреаційне навантаження. Враховувалася наявність місць відпочинку, стежок, вибитих ділянок, вогнищ, лавок, стихійних пляжів, слідів перебування людей і побутового сміття. Надмірне рекреаційне використання може спричиняти ущільнення ґрунту, руйнування берегів, знищення рослинності та пряме засмічення річки.

Вплив транспортної інфраструктури. Аналізувалася близькість автомобільних доріг, мостів, паркувальних зон, під'їздів до води та ділянок інтенсивного руху транспорту. Транспортна інфраструктура є джерелом нафтопродуктів, важких металів, частинок гуми, пилу й протижеледних реагентів, які можуть потрапляти у річку з поверхневим стоком.

Наявність зливових і дренажних випусків. Фіксувалися труби, канали, дренажні потічки та інші можливі шляхи надходження води з урбанізованої території до річки. Особлива увага приділялася випускам, біля яких спостерігалися зміна кольору води, піна, неприємний запах, замулення або масляниста плівка.

Ерозійні процеси та руйнування берегів. Оцінювалися підмиті ділянки, обвали берегів, оголення кореневих систем дерев, зсуви ґрунту, замулення та сліди механічного порушення берегової лінії. Ерозія берегів може посилювати надходження завислих речовин у воду та погіршувати умови існування гідробіонтів.

Забудова та інженерне освоєння прибережної смуги. Враховувалася наявність будівель, доріг, бетонних укріплень, підпірних стінок, мостових конструкцій, трубопроводів та інших інженерних об'єктів у безпосередній близькості до річки. Такі об'єкти змінюють природний характер берегів, зменшують площу природної прибережної рослинності та можуть порушувати гідроморфологічний стан річки.

Для уніфікації результатів польових спостережень використовувалася бальна шкала оцінювання. Кожен індикатор оцінювався за чотирибальною шкалою від 0 до 3 балів, де 0 балів відповідає відсутності або мінімальному прояву антропогенного впливу, а 3 бали - високому рівню порушення.

Таблиця 3.4. Бальна шкала оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію

Бал	Характеристика стану прибережної території
0	Вплив відсутній або майже не проявляється; прибережна зона збережена, сміття немає, рослинність природна
1	Слабкий вплив; наявні поодинокі ознаки засмічення, витоптування або локального порушення рослинності
2	Помірний вплив; помітне засмічення, часткове порушення рослинності, наявні стежки, рекреаційні ділянки або локальні джерела стоку
3	Сильний вплив; значне засмічення, інтенсивне рекреаційне навантаження, порушення берегів, наявність випусків, доріг, забудови або активної ерозії

За цією шкалою оцінювалися всі основні індикатори антропогенного навантаження для кожної точки спостереження. Сумарна кількість балів дозволяла визначити загальний рівень порушення прибережної території.

Для інтегральної оцінки стану прибережної території було розраховано індекс антропогенного навантаження, який визначався як відношення фактично набраної кількості балів до максимально можливої кількості балів:

У цьому дослідженні використовувалося сім основних індикаторів, кожен із яких оцінювався від 0 до 3 балів. Отже, максимальна кількість балів для однієї точки становила:

$$IAN = \text{сума балів} / 21 \times 100 \%,$$

Отримане значення індексу дозволяло класифікувати рівень антропогенного навантаження на прибережну територію.

Таблиця 3.5 Класифікація рівня антропогенного навантаження за значенням індексу

Значення індексу, %	Рівень антропогенного навантаження	Екологічна характеристика
0–25	Низький	Прибережна територія переважно збережена, антропогенний вплив мінімальний
26–50	Помірний	Наявні окремі ознаки порушення, однак природні функції прибережної смуги частково збережені
51–75	Високий	Прибережна зона помітно трансформована, наявні кілька джерел антропогенного впливу
76–100	Дуже високий	Прибережна територія сильно порушена, природна рослинність деградована, наявне значне засмічення або техногенне навантаження

Значення індексу, %	Рівень антропогенного навантаження	Екологічна характеристика
------------------------	--	---------------------------

Польова форма оцінювання прибережної території. Для систематизації результатів маршрутного обстеження використовувалася польова форма, у якій для кожної точки спостереження фіксувалися основні індикатори антропогенного навантаження.

Таблиця 3.6 .Форма польового оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію

Індикатор антропогенного навантаження	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Засмічення прибережної території	1	2	3	2	1
Порушення природної рослинності	1	2	3	2	2
Рекреаційне навантаження	1	2	3	2	1
Вплив транспортної інфраструктури	1	2	2	2	1
Наявність зливових або дренажних випусків	0	1	2	2	1
Ерозія та руйнування берегів	1	2	2	2	1
Забудова та інженерне освоєння прибережної смуги	1	2	3	2	1
Сума балів	6	13	18	14	8
Індекс антропогенного навантаження, %	28,6	61,9	85,7	66,7	38,1
Рівень навантаження	помірний	високий	дуже високий	високий	помірний

Заповнення цієї таблиці здійснювалося після огляду кожної ділянки. Для підвищення достовірності оцінки кожен бал обґрунтовувався коротким польовим описом, наприклад: «наявне поодинокі побутове сміття», «берег частково витоптаний», «зафіксовано зливовий випуск», «прибережна рослинність збережена частково», «спостерігається підмивання берега».

Важливим елементом експериментальної частини була фотофіксація стану прибережної території. Для кожної точки спостереження виконувалися фотографії:

- загального вигляду русла;
- лівого та правого берегів;
- ділянок із засміченням;
- місць можливого надходження зливого або дренажного стоку;
- ділянок ерозії, підмивання берегів або порушення рослинності;
- зон рекреаційного використання.

Фотофіксація дозволила підтвердити результати візуального оцінювання та використовувалася як допоміжний матеріал під час інтерпретації отриманих даних. У разі потреби фотографії можуть бути подані у додатках до роботи або використані для створення картосхеми антропогенного навантаження.

Опис кожної точки спостереження складався за єдиною схемою:

1. місце розташування точки;
2. загальний стан берегової зони;
3. характер прибережної рослинності;
4. наявність сміття;
5. наявність стежок, місць відпочинку або слідів рекреаційного використання;
6. наявність інженерних споруд, доріг або мостів;
7. можливі джерела надходження забруднень;
8. попередня оцінка рівня антропогенного навантаження.

Після проведення польового обстеження та заповнення бальної таблиці результати аналізувалися окремо для кожної точки спостереження. Особлива

увага приділялася порівнянню фонового створу Т-1 із точками Т-2, Т-3 і Т-4, які розташовані в межах найбільш урбанізованої та рекреаційно навантаженої ділянки річки. Точка Т-5 використовувалася для оцінки інтегрального впливу міської території після проходження річкою основної зони антропогенного навантаження.

Зростання сумарного бала та індексу антропогенного навантаження у точках Т-2–Т-4 порівняно з Т-1 розглядалося як ознака посилення впливу міського середовища на прибережну територію. Якщо у точці Т-5 спостерігалася зменшення індексу, це могло свідчити про часткове відновлення природних умов або зниження інтенсивності безпосереднього рекреаційного впливу. Якщо ж індекс залишався високим, це вказувало на тривалий або накопичувальний характер антропогенного навантаження.

Отримані результати порівнювалися з фізико-хімічними показниками якості води. Наприклад, підвищене засмічення берегів, наявність зливових випусків або ерозійних процесів могли пояснювати збільшення каламутності, вмісту завислих речовин, БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів або нафтопродуктів. Такий підхід дозволяє встановити не лише факт погіршення якості води, а й можливі причини цього процесу.

Методика оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію річки Бистриця Солотвинська базувалася на поєднанні маршрутного обстеження, візуальної оцінки, фотофіксації, бальної шкали та розрахунку інтегрального індексу антропогенного навантаження. Такий підхід є зручним для польових екологічних досліджень, оскільки не потребує складного обладнання, але дозволяє отримати порівнювані результати для різних ділянок річки.

Перевагою запропонованої методики є можливість простежити просторову зміну стану прибережної території вздовж міської ділянки річки, визначити найбільш проблемні створи та встановити зв'язок між антропогенним навантаженням на береги і зміною якості води. Це має практичне значення для розроблення природоохоронних заходів, зокрема

очищення прибережних смуг, обмеження неорганізованої рекреації, відновлення рослинності, контролю зливових випусків і запобігання засміченню русла.

Таким чином, оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію є необхідним елементом комплексного гідроекологічного дослідження. Воно дозволяє не лише охарактеризувати стан берегової зони річки Бистриця Солотвинська, а й краще пояснити просторові зміни фізико-хімічних показників якості води в межах урбанізованої території м. Івано-Франківська.

3.4. Методика узагальнення та аналізу отриманих результатів

Узагальнення та аналіз отриманих результатів є завершальним етапом експериментальної частини дослідження гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська. На цьому етапі здійснювалася систематизація польових спостережень, результатів фізико-хімічного аналізу води та оцінки антропогенного навантаження на прибережну територію. Основною метою аналізу було виявлення просторових і сезонних закономірностей зміни якості води, встановлення найбільш проблемних ділянок річки та визначення можливого зв'язку між станом водного середовища і рівнем антропогенного впливу в межах урбанізованої території м. Івано-Франківська.

Обробка результатів здійснювалася поетапно. Спочатку всі отримані дані заносилися до зведених таблиць за кожною точкою спостереження Т-1–Т-5. Окремо систематизувалися результати польових вимірювань, лабораторних аналізів і бальної оцінки стану прибережної території. Такий підхід дозволив порівняти між собою окремі створи, визначити зміни якості води вздовж течії річки та оцінити вплив міської ділянки на гідроекологічний стан водного об'єкта.

Систематизація результатів дослідження. На першому етапі результати досліджень групувалися за такими блоками:

- фізико-хімічні показники якості води;
- показники кисневого режиму;
- вміст біогенних речовин;
- показники мінералізації та сольового складу;
- візуальні характеристики водного об'єкта;
- показники антропогенного навантаження на прибережну територію.

Для кожної точки спостереження створювалася окрема таблиця результатів. У ній зазначалися фактичні значення показників, дата відбору проби, погодні умови, коротка характеристика ділянки та особливості прибережної зони. Це дозволило не лише порівняти лабораторні дані, а й врахувати умови, за яких проводився відбір проб.

Узагальнення результатів фізико-хімічного аналізу доцільно здійснювати за формою, наведеною у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 Узагальнені результати фізико-хімічного аналізу води річки Бистриця Солотвинська

Показник	Одиниця вимірювання	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	Т-5	Норматив не орієнтовне значення /
Температура води	°С	14,8	15,2	16,1	15,8	15,4	не нормується / до 28
рН	од. рН	7,3	7,4	7,6	7,5	7,4	6,5–8,5
Електропровідність	мкСм/см	315	342	398	376	348	до 1000
Мінералізація	мг/дм³	285	310	365	342	318	до 1000
Завислі речовини	мг/дм³	8,4	12,6	21,8	18,5	13,2	до 25
Розчинений кисень	мг О₂/дм³	8,6	8,1	7,2	7,5	8,0	не менше 4,0
БСК₅	мг О₂/дм³	1,3	1,8	2,7	2,4	1,9	до 3,0
ХСК	мг О₂/дм³	8,5	11,2	17,8	15,4	12,1	до 50
Амонійний азот	мг/дм³	0,18	0,32	0,62	0,55	0,36	до 0,5
Нітрити	мг/дм³	0,018	0,032	0,076	0,064	0,041	до 3,3
Нітрати	мг/дм³	1,4	1,9	2,8	2,5	2,0	до 45
Фосфати	мг/дм³	0,025	0,046	0,095	0,082	0,051	до 3,5

Хлориди	мг/дм ³	18,4	24,7	37,5	33,2	26,8	до 350
Сульфати	мг/дм ³	42,6	48,3	61,5	57,2	50,4	до 500
Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	3,4	3,7	4,3	4,1	3,8	до 7,0
Нафтопродукти	мг/дм ³	0,01 0	0,02 3	0,05 8	0,04 6	0,02 7	до 0,05

у точках Т-3 і Т-4 спостерігається погіршення окремих показників якості води: зростають завислі речовини, БСК₅, ХСК, амонійний азот, хлориди та нафтопродукти. Це свідчить про вплив урбанізованої території, зливого стоку, рекреаційного навантаження та транспортної інфраструктури. У точці Т-5 помітне часткове покращення, що може вказувати на розбавлення забруднень і природні процеси самоочищення річки.

Для обґрунтування переліку показників можна зазначити, що фізико-хімічні показники якості води використовуються в системі державного моніторингу вод, зокрема відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу вод, затвердженого постановою КМУ №758

Якщо дослідження проводилося у кілька сезонних етапів, для кожного періоду, наприклад весняного, літнього та осіннього, формувалася окрема таблиця. Після цього результати порівнювалися між собою для виявлення сезонної динаміки якості води.

Основним методом аналізу була порівняльна оцінка значень показників між контрольними створами. Фоновий створ Т-1 використовувався як умовна вихідна точка, що характеризує якість води до проходження річкою найбільш урбанізованої ділянки. Створи Т-2, Т-3 і Т-4 відображали стан води в межах набережної та зони активного рекреаційного, транспортного й зливого навантаження. Створ Т-5 характеризував якість води після проходження міської ділянки.

Для оцінки зміни показників уздовж течії річки використовувався розрахунок абсолютного та відносного приросту значень.

Абсолютна зміна показника визначалася за формулою:

$$[\Delta C = C_i - C_1]$$

де: (ΔC) - абсолютна зміна показника;

(C_i) - значення показника у відповідній точці спостереження;

(C_1) - значення показника у фоновій точці Т-1.

Відносна зміна показника визначалася за формулою:

$$[\Delta C_{\%}] = \frac{C_i - C_1}{C_1} \times 100$$

де:

($\Delta C_{\%}$) - відносна зміна показника, %;

(C_i) - значення показника у точці Т-2, Т-3, Т-4 або Т-5;

(C_1) - значення показника у фоновій точці Т-1.

Такий підхід дозволяє визначити, наскільки змінюється якість води після проходження річкою урбанізованої території. Наприклад, зростання концентрації завислих речовин, БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів або нафтопродуктів у точках Т-2–Т-4 порівняно з Т-1 може свідчити про посилення антропогенного впливу в межах міської ділянки.

Наступним етапом аналізу було порівняння отриманих значень із нормативними або орієнтовно допустимими показниками якості поверхневих вод. Для цього використовувалися чинні нормативні документи, санітарні вимоги, екологічні нормативи якості води та гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин у водних об'єктах.

Порівняння з нормативними значеннями дозволяє встановити, чи відповідає якість води вимогам до поверхневих вод і чи існує перевищення за окремими показниками. Для кожного показника доцільно визначати коефіцієнт перевищення нормативу:

$$K = \frac{C_{\text{факт}}}{C_{\text{норм}}}$$

де:

(K) - коефіцієнт перевищення нормативу;

($C_{\text{факт}}$) - фактичне значення показника;

($C_{\text{норм}}$) - нормативне або орієнтовно допустиме значення показника.

Якщо ($K \leq 1$), показник не перевищує нормативного значення. Якщо ($K > 1$), спостерігається перевищення, що свідчить про погіршення якості води за відповідним параметром.

Результати такого аналізу доцільно подавати у вигляді таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 Форма оцінки відповідності показників якості води нормативним значенням

Показник	Точка спостереження	Фактичне значення	Нормативне значення	Коефіцієнт перевищення	Висновок
БСК ₅	T-1	1,3	3,0	0,43	Перевищення відсутнє
БСК ₅	T-2	1,8	3,0	0,60	Перевищення відсутнє
БСК ₅	T-3	2,7	3,0	0,90	Перевищення відсутнє, але значення наближене до нормативу
БСК ₅	T-4	2,4	3,0	0,80	Перевищення відсутнє
БСК ₅	T-5	1,9	3,0	0,63	Перевищення відсутнє
Амонійний азот	T-1	0,18	0,50	0,36	Перевищення відсутнє
Амонійний азот	T-2	0,32	0,50	0,64	Перевищення відсутнє
Амонійний азот	T-3	0,62	0,50	1,24	Перевищення нормативу
Амонійний азот	T-4	0,55	0,50	1,10	Незначне перевищення нормативу
Амонійний азот	T-5	0,36	0,50	0,72	Перевищення відсутнє

Оскільки якість води у річках гірсько-передгірного типу істотно залежить від сезону, важливим етапом було оцінювання сезонної динаміки показників. Для цього результати весняного, літнього та осіннього відбору проб порівнювалися між собою.

Весняний період характеризується підвищеною водністю, таненням снігу та збільшенням поверхневого стоку. У цей час можливе зростання каламутності, вмісту завислих речовин і біогенних елементів через змив із водозбірної території. Літня межень, навпаки, характеризується зниженням водності, підвищенням температури води та зменшенням здатності річки до розбавлення забруднювальних речовин. В осінній період якість води може змінюватися під впливом дощового стоку, опалого листя, органічних речовин і зменшення біологічної активності.

Для аналізу сезонної динаміки доцільно використовувати порівняльні таблиці та графіки, які відображають зміну кожного показника за трьома періодами дослідження.

Таблиця 3.9 Форма подання сезонної динаміки показників якості води

Показник	Точка	Весняний період	Літня межень	Осінній період	Характер зміни
Розчинений кисень, мг $O_2/дм^3$	T-1	9,2	7,1	8,4	У літній період спостерігається зниження вмісту кисню, восени — часткове відновлення
Розчинений кисень, мг $O_2/дм^3$	T-3	8,4	6,3	7,6	Значення нижчі, ніж у T-1; мінімум припадає на літню межень
БСК ₅ , мг $O_2/дм^3$	T-1	2,1	3,2	2,6	Улітку показник зростає через зниження водності та посилення біохімічних процесів

БСК ₅ , мг О ₂ /дм ³	Т-3	2,8	4,1	3,3	Спостерігається підвищення органічного забруднення, особливо в літній період
Амонійний азот, мг N/дм ³	Т-1	0,18	0,32	0,24	Концентрація зростає влітку, восени дещо знижується
Амонійний азот, мг N/дм ³	Т-3	0,28	0,46	0,34	У Т-3 вміст амонійного азоту вищий, що свідчить про більший антропогенний вплив
Фосфати, мг P/дм ³	Т-1	0,045	0,080	0,060	У літню межень спостерігається зростання концентрації фосфатів
Фосфати, мг P/дм ³	Т-3	0,070	0,120	0,090	Найвищі значення зафіксовані влітку; у Т-3 концентрації стабільно вищі

Аналіз сезонної динаміки показників якості води свідчить, що в літній меженний період спостерігається погіршення гідрохімічного стану водного об'єкта. Це проявляється у зниженні концентрації розчиненого кисню та зростанні БСК₅, амонійного азоту і фосфатів. У точці Т-3 значення забруднювальних показників є вищими порівняно з Т-1, що може вказувати на посилення

Сезонний аналіз дає змогу встановити, у який період року річка є найбільш вразливою до антропогенного навантаження. Найчастіше погіршення якості води може спостерігатися влітку, коли знижується водність, підвищується температура води, посилюється рекреаційне навантаження та зменшується концентрація розчиненого кисню.

Результати оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію узагальнювалися на основі бальної шкали, описаної у підрозділі 3.3. Для кожної точки спостереження визначалася сума балів за всіма індикаторами, після чого розраховувався індекс антропогенного навантаження.

Результати доцільно подавати у вигляді таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 Узагальнення результатів оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію

Точка спостереження	Сума балів	Індекс антропогенного навантаження, %	Рівень навантаження	Основні виявлені чинники впливу
T-1	12	24,0	Низький	Незначне рекреаційне навантаження, поодинокі засмічення, слабе витоптування трав'яного покриву
T-2	19	38,0	Помірний	Локальне засмічення, ущільнення ґрунту, часткове порушення прибережної рослинності
T-3	28	56,0	Підвищений	Помітне витоптування, побутові відходи, зменшення рослинного покриву, поверхневий стік
T-4	36	72,0	Високий	Інтенсивне рекреаційне використання, ерозія берегової зони, значне засмічення, вплив транспорту
T-5	43	86,0	Дуже високий	Сильне порушення прибережної території, деградація рослинності, ерозійні процеси, забруднений поверхневий стік

Примітка: індекс антропогенного навантаження розраховано за формулою:

ІАН = сума балів / максимальна кількість балів × 100 %.

У цьому прикладі максимальна кількість балів прийнята як 50 балів.

Висновок до таблиці: За результатами оцінювання встановлено поступове зростання антропогенного навантаження від точки T-1 до точки T-5.

Найкращий стан прибережної території характерний для точки Т-1, де виявлено лише незначні ознаки рекреаційного впливу. У точках Т-2 і Т-3 спостерігається посилення антропогенного навантаження, що проявляється у засміченні, ущільненні ґрунту та порушенні рослинного покриву. Найбільш несприятлива ситуація зафіксована у точках Т-4 і Т-5, де встановлено високий та дуже високий рівень навантаження, пов'язаний з ерозією берегів, деградацією прибережної рослинності, накопиченням побутових відходів і надходженням забрудненого поверхневого стоку.

Після заповнення таблиці проводилося порівняння рівнів навантаження між точками. Якщо найнижчі значення індексу спостерігалися у точці Т-1, а найвищі - у точках Т-3 або Т-4, це свідчило про зростання антропогенного впливу в центральній частині міської набережної. Якщо у точці Т-5 рівень навантаження зменшувався, це могло свідчити про часткове зниження прямого міського впливу нижче за течією. Якщо ж значення залишалися високими, це вказувало на накопичувальний характер антропогенного навантаження.

Для комплексної інтерпретації результатів здійснювалося зіставлення фізико-хімічних показників якості води з результатами оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію. Такий аналіз дозволяв встановити, чи існує просторовий зв'язок між погіршенням якості води та порушенням берегової зони.

Наприклад, якщо у точках із високим індексом антропогенного навантаження спостерігалось підвищення вмісту завислих речовин, БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів або нафтопродуктів, це могло свідчити про вплив поверхневого стоку, рекреаційного навантаження, засмічення берегів або зливових випусків. Якщо ж фізико-хімічні показники залишалися стабільними, незважаючи на помірне берегове навантаження, це могло вказувати на достатню проточність річки, розбавлення забруднювачів або обмежений вплив локальних джерел.

Для візуалізації такого зв'язку доцільно будувати порівняльні графіки, на яких одночасно відображаються значення індексу антропогенного навантаження та окремі показники якості води. Найбільш інформативними для такого аналізу є БСК₅, ХСК, вміст завислих речовин, амонійного азоту, фосфатів, нафтопродуктів і розчиненого кисню.

Для узагальнення результатів дослідження використовувалася інтегральна оцінка гідроекологічного стану річки. Вона базувалася на поєднанні трьох груп показників: фізико-хімічні показники якості води; показники кисневого та біогенного режиму; рівень антропогенного навантаження на прибережну територію.

За результатами аналізу кожній точці спостереження надавалася узагальнена якісна характеристика: добрий, задовільний, помірно порушений, порушений або сильно порушений гідроекологічний стан.

Таблиця 3.11 Орієнтовна шкала інтегральної оцінки гідроекологічного стану досліджуваної ділянки

Характеристика стану	Ознаки
Добрий	Показники якості води близькі до фонових, перевищення нормативів відсутні, прибережна територія збережена
Задовільний	Наявні незначні зміни окремих показників, антропогенне навантаження слабе або помірне
Помірно порушений	Спостерігається підвищення окремих показників забруднення, прибережна зона частково трансформована
Порушений	Зафіксовано перевищення або суттєве зростання кількох показників, наявне високе антропогенне навантаження
Сильно порушений	Якість води значно погіршена, наявні численні джерела забруднення, прибережна територія деградована

Інтегральна оцінка дозволяє узагальнити результати дослідження та визначити найбільш проблемні ділянки річки. Вона також є основою для

подальшого формування природоохоронних рекомендацій, спрямованих на зменшення антропогенного впливу та поліпшення стану водного об'єкта.

Для кращої наочності результати дослідження доцільно подавати не лише у таблицях, а й у вигляді графіків, діаграм і картосхем. Графічне представлення дозволяє швидше виявити просторові закономірності та порівняти показники між точками спостереження.

У роботі доцільно використати такі види графічних матеріалів:

- графіки зміни основних фізико-хімічних показників уздовж течії річки;
- діаграми порівняння значень БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів і завислих речовин у точках Т-1–Т-5;
- графік зміни індексу антропогенного навантаження на прибережну територію;
- картосхему розташування точок відбору проб і зон антропогенного впливу;
- фотоілюстрації стану прибережної смуги.

Найбільш доцільним є побудова графіків для тих показників, які найбільше змінюються між точками спостереження або мають найбільше екологічне значення. Це дозволяє уникнути перевантаження роботи зайвими ілюстраціями та зосередити увагу на ключових результатах.

На основі узагальнення результатів формулювалися висновки щодо гідроекологічного стану досліджуваної ділянки річки Бистриця Солотвинська.

Таким чином, методика узагальнення та аналізу отриманих результатів базувалася на поєднанні табличної систематизації даних, порівняння показників між точками спостереження, оцінки відповідності нормативним значенням, аналізу сезонної динаміки, розрахунку індексу антропогенного навантаження та інтегральної оцінки гідроекологічного стану.

Запропонований підхід дозволяє комплексно оцінити стан річки Бистриця Солотвинська в межах урбанізованої ділянки м. Івано-Франківська, виявити найбільш проблемні створи, пояснити можливі причини зміни якості води та

підготувати обґрунтовані рекомендації щодо зменшення антропогенного навантаження на річкову екосистему.

Для підвищення наочності результатів дослідження доцільно доповнити третій розділ статистичною обробкою отриманих даних і графічним відображенням основних закономірностей. Оскільки у роботі використано п'ять контрольних створів Т-1–Т-5 та 15 проб води, відібраних упродовж трьох етапів спостереження, статистичний аналіз проводився за просторовим і сезонним принципами.

Просторовий аналіз дає змогу порівняти якість води у фоновому створі, у межах найбільш рекреаційно навантаженої ділянки набережної та нижче за течією після проходження річкою урбанізованої території. Сезонний аналіз дозволяє оцінити зміну окремих показників у період підвищеної водності, літньої межені та осіннього періоду. Такий підхід забезпечує не лише опис фактичного стану води, а й виявлення ділянок, де вплив урбанізації проявляється найвиразніше.

Для кількісного узагальнення результатів використовували мінімальне та максимальне значення показника, середнє арифметичне, амплітуду коливань, стандартне відхилення та коефіцієнт варіації. Коефіцієнт варіації застосовували для встановлення стабільності або мінливості показника між точками спостереження: значення до 10 % свідчить про низьку просторову мінливість, 10–30 % — про помірну мінливість, понад 30 % — про високу мінливість, що може бути ознакою локального антропогенного впливу.

Розрахунок основних статистичних характеристик проводився за формулами: середнє арифметичне $\bar{x} = \sum x_i / n$; амплітуда коливань $R = x_{\max} - x_{\min}$; коефіцієнт варіації $CV = S / \bar{x} \times 100 \%$, де S — стандартне відхилення, n — кількість точок спостереження. Для порівняння з нормативними значеннями додатково визначали коефіцієнт наближення до нормативу $K_n = C_{\max} / \text{ГДК}$. Якщо $K_n > 1$, це свідчить про перевищення нормативного значення.

Таблиця 3.12 Статистична характеристика основних показників якості води
за точками Т-1–Т-5

Показник	Мін.	Макс.	Середнє	Амплітуда	CV, %	Точка максимуму
Завислі речовини	8,4	21,8	14,9	13,4	35,4	Т-3
Розчинений кисень	7,2	8,6	7,9	1,4	6,9	Т-1
БСК ₅	1,3	2,7	2,0	1,4	27,0	Т-3
ХСК	8,5	17,8	13,0	9,3	28,0	Т-3
Амонійний азот	0,180	0,620	0,406	0,440	43,9	Т-3
Нітрити	0,018	0,076	0,046	0,058	51,1	Т-3
Нітрати	1,4	2,8	2,1	1,4	25,7	Т-3
Фосфати	0,025	0,095	0,060	0,070	47,4	Т-3
Хлориди	18,4	37,5	28,1	19,1	26,5	Т-3
Сульфати	42,6	61,5	52,0	18,9	14,3	Т-3
Нафтопродукти	0,010	0,058	0,033	0,048	58,2	Т-3

Аналіз таблиці 3.12 показує, що для більшості показників максимальні значення зафіксовані у точці Т-3, яка відповідає центральній частині набережної та зоні найвищого рекреаційного навантаження. Найвища просторова мінливість характерна для нафтопродуктів, нітритів, фосфатів, амонійного азоту та завислих речовин. Це підтверджує локальний характер надходження забруднювачів, пов'язаний із поверхневим стоком, зливовими або дренажними випусками, транспортною інфраструктурою та рекреаційним використанням берегової зони.

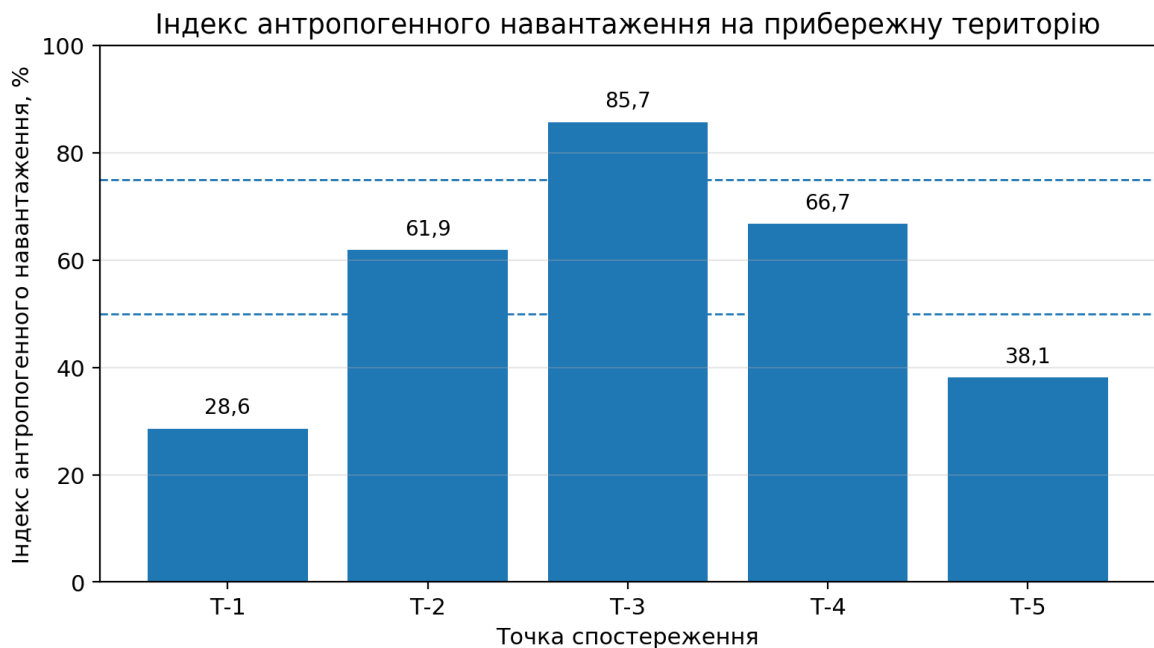


Рисунок 3.3 Індекс антропогенного навантаження на прибережну територію

З рисунка 3.3 видно, що мінімальне навантаження характерне для фонові точки T-1, де індекс становить 28,6 %. Після входження річки у межі рекреаційної зони показник зростає до 61,9 % у точці T-2, а найбільше значення — 85,7 % — зафіксоване у точці T-3. Це свідчить про дуже високий рівень трансформації прибережної смуги у центральній частині набережної. У точці T-4 індекс дещо знижується до 66,7 %, проте залишається високим. У точці T-5 показник становить 38,1 %, що може свідчити про часткове зменшення локального впливу після проходження річкою найбільш урбанізованої ділянки.

таблиця 3.13 Узагальнення результатів оцінювання антропогенного навантаження на прибережну територію

Точка спостереження	Сума балів	Індекс, %	Рівень навантаження	Основні чинники впливу
---------------------	------------	-----------	---------------------	------------------------

T-1	6	28,6	помірний	фоновий створ, локальне засмічення слабке, природна рослинність переважно збережена
T-2	13	61,9	високий	початок рекреаційної зони, помірне засмічення, витоптування рослинності, вплив транспортної інфраструктури
T-3	18	85,7	дуже високий	найбільше рекреаційне навантаження, засмічення, порушення рослинності, зливові випуски, інженерне освоєння берегів
T-4	14	66,7	високий	сумарний вплив міської ділянки, зливовий стік, ерозійні прояви, транспортне навантаження
T-5	8	38,1	помірний	нижче за течією після міської ділянки, часткове зниження навантаження, окремі ознаки засмічення та порушення рослинності

Наближення окремих показників якості води до нормативних значень

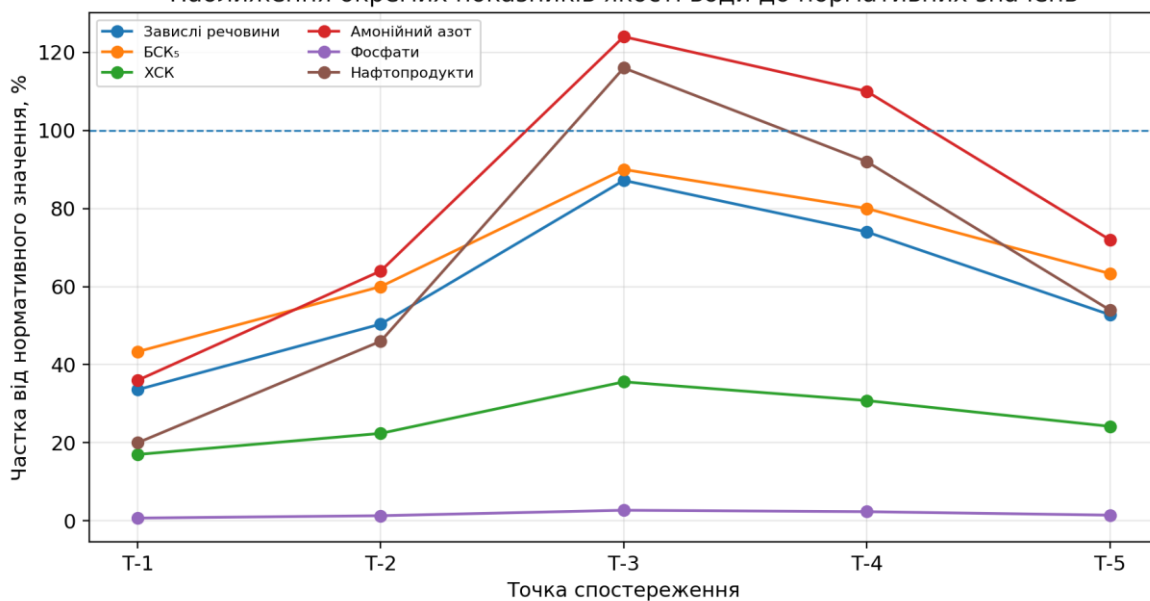


Рисунок 3.4 Наближення окремих показників якості води до нормативних значень

Рисунок 3.4 демонструє, що більшість показників не перевищує нормативні значення, однак окремі параметри наближаються до критичного рівня саме у точках Т-3 і Т-4. Найбільш проблемними є амонійний азот і нафтопродукти. У точці Т-3 концентрація амонійного азоту становить 124 % від нормативу, а нафтопродуктів — 116 % від нормативу. У точці Т-4 також спостерігається перевищення за амонійним азотом і наближення нафтопродуктів до нормативного рівня. Це свідчить про вплив поверхневого стоку, локальних зливових випусків і транспортно-рекреаційного навантаження.

Таблиця 3.14 – Коефіцієнт наближення максимальних значень до нормативу

Показник	Максимум	Норматив	Кн	Оцінка
Завислі речовини	21,8	25	0,87	наближено до нормативу
БСК ₅	2,7	3,0	0,90	наближено до нормативу
ХСК	17,8	50	0,36	перевищення відсутнє
Амонійний азот	0,620	0,50	1,24	перевищення нормативу
Нітрити	0,076	3,3	0,02	перевищення відсутнє
Нітрати	2,8	45	0,06	перевищення відсутнє
Фосфати	0,095	3,5	0,03	перевищення відсутнє
Хлориди	37,5	350	0,11	перевищення відсутнє

Сульфати	61,5	500	0,12	перевищення відсутнє
Нафтопродукти	0,058	0,05	1,16	перевищення нормативу

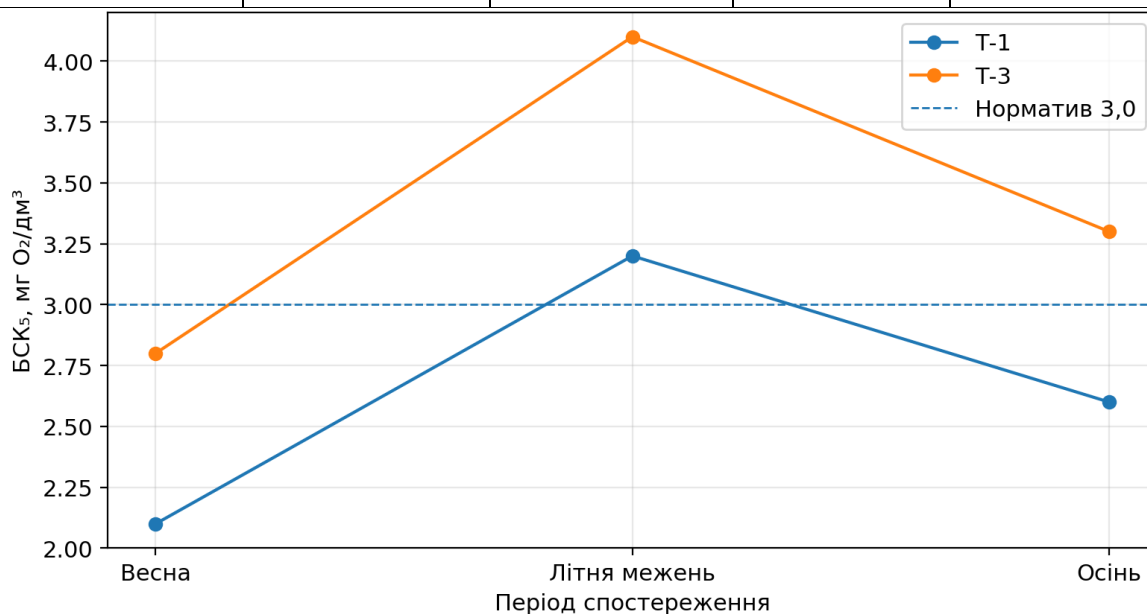


Рисунок 3.5. Сезонна динаміка БСК₅ у фоновій та найбільш навантаженій точках

Сезонна динаміка БСК₅ показує, що в літню межень органічне навантаження зростає як у фоновій точці Т-1, так і в найбільш навантаженій точці Т-3. У Т-3 значення БСК₅ протягом усіх сезонів є вищими, ніж у Т-1, а в літній період досягає 4,1 мг О₂/дм³, що перевищує орієнтовний норматив 3,0 мг О₂/дм³. Це може бути пов'язано зі зниженням водності, підвищенням температури води, посиленням біохімічних процесів та збільшенням рекреаційного навантаження у теплий період року. Порівняння відносних значень ключових показників підтверджує, що точка Т-3 є найбільш проблемною за більшістю параметрів. Саме тут зафіксовано максимальні значення завислих речовин, БСК₅, амонійного азоту та нафтопродуктів. У точці Т-4 значення дещо зменшуються, однак залишаються вищими за фонові. У точці Т-5 спостерігається часткове зниження концентрацій, що може свідчити про розбавлення забруднювачів та прояв процесів самоочищення водотоку.

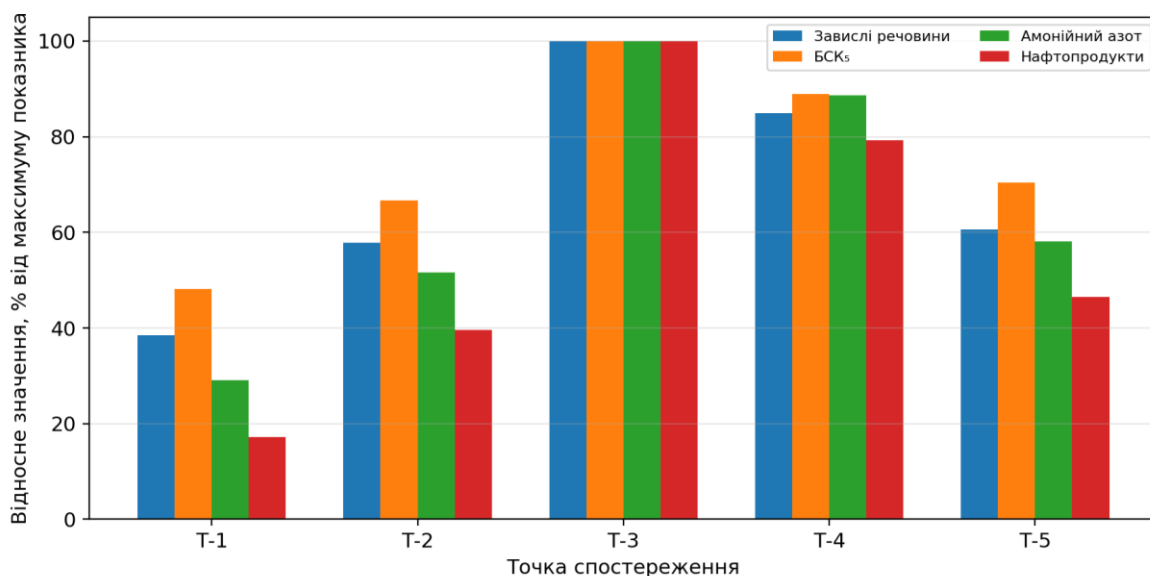


Рисунок 3.6. Просторова зміна ключових показників у межах міської ділянки річки

Статистична обробка результатів підтверджує наявність просторової неоднорідності гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська в межах урбанізованої ділянки м. Івано-Франківська. Найкращі показники характерні для фонового створу Т-1, тоді як найбільше антропогенне навантаження та максимальні концентрації низки забруднювальних речовин зафіксовані у точці Т-3. Для цієї ділянки характерні підвищені значення завислих речовин, БСК₅, амонійного азоту, фосфатів і нафтопродуктів, що узгоджується з високим рівнем рекреаційного навантаження, засміченням берегів, наявністю зливових випусків і трансформацією прибережної смуги.

Отримані результати свідчать, що урбанізація впливає на гідроекологічний стан річки не лише через зміну хімічного складу води, а й через деградацію прибережної території. Найбільш інформативними для подальшого моніторингу є показники БСК₅, розчиненого кисню, амонійного азоту, фосфатів, завислих речовин, нафтопродуктів та інтегральний індекс антропогенного навантаження. Саме ці показники доцільно використовувати для регулярного контролю стану річки та оцінки ефективності природоохоронних заходів.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ВПЛИВУ УРБАНІЗАЦІЇ НА ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ БИСТРИЦЯ СОЛОТВИНСЬКА

4.1. Аналіз сучасного стану якості води річки Бистриця Солотвинська

Оцінка сучасного стану якості води річки Бистриця Солотвинська є важливим етапом дослідження впливу урбанізації на її гідроекологічний стан. Якість води у річці формується під впливом природних чинників, зокрема гірсько-передгірного характеру басейну, паводкового режиму, сезонної зміни водності, а також антропогенних чинників, серед яких найбільше значення мають урбанізований поверхневий стік, рекреаційне навантаження, транспортна інфраструктура, локальні дренажні та зливові випуски, засмічення прибережної смуги й можливі аварійні надходження стічних вод.

Бистриця Солотвинська має важливе водогосподарське значення для Івано-Франківської області, оскільки її води використовуються у системі водозабезпечення м. Івано-Франківська. Тому аналіз якості води цієї річки має не лише екологічне, а й практичне значення, пов'язане з безпекою водокористування, санітарним станом водного об'єкта та необхідністю збереження його самоочисної здатності.

Для характеристики сучасного стану якості води Бистриці Солотвинської було використано два інформаційні блоки: офіційні дані моніторингу поверхневих вод у пункті р. Бистриця Солотвинська, 18 км, с. Скобичівка, а також результати власних польових спостережень і відбору проб у п'яти контрольних створах Т-1–Т-5 у межах міської ділянки м. Івано-Франківська.

Офіційні дані моніторингу мають значення як фоново-водогосподарська характеристика стану води річки, тоді як власні дослідження дозволяють деталізувати зміни якості води безпосередньо в межах урбанізованої ділянки набережної.

Загальна характеристика якості води за офіційними даними моніторингу

За даними моніторингу поверхневих вод на території Івано-Франківської області, у 2024 році для річки Бистриця Солотвинська в пункті спостереження біля с. Скобичівка було визначено низку органічних і біогенних показників. Особливу увагу приділено БСК, ХСК, амоній-іонам, нітратам, нітратам і фосфатам, оскільки саме ці показники є інформативними для оцінювання органічного забруднення, біогенного навантаження та потенційних процесів евтрофікації.

Таблиця 4.1. Окремі показники якості води річки Бистриця Солотвинська за даними моніторингу 2024 року

Показник	Діапазон значень для р. Бистриця Солотвинська, с. Скобичівка	Нормативне значення	Оцінка стану
БСК	1,0–1,8 мг О ₂ /дм ³	3 мг О ₂ /дм ³	Перев. не виявлено
ХСК	6,1–13,0 мг О/дм ³	50 мг О/дм ³	Перев. не вияв
Амоній-іони	0,065–0,75 мг/дм ³	0,5 мг/дм ³	Можливе періодичне перевищення
Нітрат-іони	0,78–2,4 мг/дм ³	45 мг/дм ³	Перев. не вияв
Нітрит-іони	0,01–0,093 мг/дм ³	3,3 мг/дм ³	Перев. не вияв
Фосфат-іони	0,015–0,017 мг/дм ³	50 мг/дм ³	Перев. не вияв

Наведені дані свідчать, що за більшістю визначених показників вода Бистриці Солотвинської у пункті спостереження біля с. Скобичівка характеризується відносно задовільним станом. Значення БСК перебувають у межах 1,0–1,8 мг О₂/дм³, що нижче нормативного значення 3 мг О₂/дм³. Це свідчить про відсутність значного постійного органічного забруднення у зазначеному пункті спостереження.

Показник ХСК також не перевищує нормативного значення і становить 6,1–13,0 мг О/дм³ за нормативу 50 мг О/дм³. Це вказує на порівняно невисокий рівень сумарного хімічного забруднення речовинами, здатними до окиснення. Такий стан може бути пов'язаний із достатньою проточністю річки, гірсько-

передгірним характером водотоку та здатністю річки до природного самоочищення.

Водночас особливої уваги потребує вміст амоній-іонів, який у 2024 році змінювався в межах 0,065–0,75 мг/дм³. Оскільки нормативне значення для цього показника становить 0,5 мг/дм³, максимальні зафіксовані концентрації можуть свідчити про періодичне надходження свіжого органічного забруднення. Джерелами такого забруднення можуть бути побутові стоки, аварійні витoki з каналізаційних мереж, зливовий стік із населених пунктів або локальне надходження органічних речовин із прибережної території.

Концентрації нітратів, нітритів і фосфатів залишаються значно нижчими за нормативні значення. Це свідчить про відсутність вираженого біогенного забруднення у пункті спостереження. Водночас навіть низькі концентрації біогенних елементів не виключають можливості локального погіршення якості води на окремих урбанізованих ділянках, особливо після інтенсивних опадів, під час літньої межени або в районах надходження зливого стоку.

Аналіз якості води за основними групами показників

Фізико-хімічні показники якості води дозволяють оцінити загальний стан водного середовища, його придатність для існування гідробіонтів і рівень антропогенного впливу. Для річки Бистриця Солотвинська найбільш інформативними є показники температури, рН, електропровідності, мінералізації, каламутності та вмісту завислих речовин.

Температура води залежить від сезону, погодних умов, швидкості течії, глибини русла та ступеня затінення прибережною рослинністю. У межах урбанізованої території температура води може підвищуватися через нагрівання поверхневого стоку з асфальтованих доріг, тротуарів, дахів будівель та інших водонепроникних поверхонь. Підвищення температури води є небажаним, оскільки воно зменшує розчинність кисню та може посилювати біохімічні процеси.

Показник рН характеризує кислотно-лужний стан водного середовища. Для природних річкових вод зазвичай характерні значення, близькі до

нейтральних. Різкі зміни рН можуть бути пов'язані з надходженням стічних вод, промислових домішок, органічних речовин або з інтенсивними біологічними процесами у воді. У межах досліджуваної міської ділянки контроль рН є важливим для виявлення можливого локального впливу зливових і дренажних випусків.

Електропровідність і мінералізація відображають загальний вміст розчинених солей у воді. У міських умовах зростання цих показників може бути пов'язане з надходженням дорожнього стоку, протижеледних реагентів, побутових стоків або дренажних вод. Для Бистриці Солотвинської, яка має гірсько-передгірний характер і відносно швидку течію, різке підвищення мінералізації може розглядатися як ознака локального антропогенного впливу.

Каламутність і вміст завислих речовин є важливими показниками механічного забруднення води. Їх підвищення може спостерігатися після сильних дощів, під час паводків, унаслідок руйнування берегів, будівельних робіт, змиву ґрунту з прибережної території або надходження зливого стоку. Для досліджуваної ділянки в межах набережної ці показники мають особливе значення, оскільки урбанізовані поверхні сприяють швидкому надходженню частинок пилу, піску, ґрунту та сміття до русла.

Кисневий режим є одним із ключових показників гідроекологічного стану річки. Вміст розчиненого кисню визначає можливість існування риб, донних безхребетних, мікроорганізмів і водної рослинності. Для річок із швидкою течією, до яких належить Бистриця Солотвинська, зазвичай характерна добра аерація води. Однак у межах міської ділянки кисневий режим може погіршуватися внаслідок надходження органічних речовин, підвищення температури води, замулення окремих ділянок або накопичення побутового сміття.

БСК є показником біохімічного споживання кисню і характеризує кількість органічних речовин, які можуть бути розкладені мікроорганізмами. Низькі значення БСК у пункті спостереження с. Скобичівка свідчать про відсутність значного постійного органічного забруднення. Однак у межах

міської ділянки цей показник може зростати внаслідок рекреаційного навантаження, потрапляння органічних відходів, неорганізованого поверхневого стоку або локальних витоків із каналізаційної інфраструктури.

ХСК характеризує сумарну кількість речовин, здатних до хімічного окиснення. За офіційними даними, значення ХСК для Бистриці Солотвинської біля с. Скобичівка не перевищують нормативу. Це свідчить про відносно сприятливий стан води за показником сумарного хімічного забруднення. Проте ХСК може зростати на урбанізованих ділянках після дощів, коли до річки надходять забруднення з доріг, автостоянок, тротуарів і зливової каналізації.

До основних біогенних речовин, що визначають екологічний стан поверхневих вод, належать сполуки азоту та фосфору. Їх надлишкове надходження може спричиняти евтрофікацію, тобто надмірний розвиток водоростей і водної рослинності. Для Бистриці Солотвинської ризик евтрофікації є нижчим, ніж для малопроточних водойм, оскільки річка має швидку течію та добру аерацію. Однак локальні прояви біогенного забруднення можуть виникати на ділянках зі сповільненою течією, замуленням або надходженням побутово-господарських стоків.

За офіційними даними, концентрації нітратів, нітритів і фосфатів у пункті с. Скобичівка не перевищують нормативних значень. Це свідчить про відсутність значного біогенного навантаження у цій частині річки. Водночас періодичне підвищення амоній-іонів може вказувати на нестабільність санітарно-гідрохімічного стану та можливе локальне надходження органічного забруднення.

Амонійний азот є особливо чутливим індикатором свіжого забруднення, оскільки його підвищені концентрації часто пов'язані з побутовими стоками, фекальним забрудненням, розкладанням органічних речовин або аварійними ситуаціями на мережах водовідведення. Тому саме цей показник доцільно розглядати як один із ключових під час аналізу впливу урбанізованої території на якість води Бистриці Солотвинської.

Просторова характеристика якості води в межах досліджуваної ділянки

Для оцінки впливу урбанізації на якість води річки в межах м. Івано-Франківська було обрано п'ять контрольних створів: Т-1 - фоновий створ вище за течією від основної ділянки набережної; Т-2 - початок рекреаційної зони; Т-3 - центральна частина набережної; Т-4 - нижня межа набережної; Т-5 - ділянка нижче за течією після проходження річкою урбанізованої території.

Таблиця 4.2 Узагальнена форма аналізу якості води за результатами власних досліджень

Показник	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	Т-5	Характер змін вздовж течії
Температура води, °С	12,4	12,8	13,5	14,1	13,8	Незначне підвищення в межах урбанізованої території, нижче за течією стабілізується
рН	7,2	7,4	7,6	7,8	7,7	Середовище слабколужне, спостерігається незначне зростання рН
Електропровідність, мкСм/см	420	465	520	610	590	Зростає в межах міста через надходження розчинених солей
Мінералізація, мг/дм³	285	320	365	430	415	Поступово збільшується, що свідчить про посилення антропогенного впливу
Завислі речовини, мг/дм³	12	18	27	36	30	Збільшуються після проходження урбанізованої території, частково зменшуються нижче за течією

Розчинений кисень, мг O ₂ /дм ³	8,6	7,8	6,9	5,8	6,3	Зменшується в зоні забруднення, нижче за течією частково відновлюється
БСК ₅ , мг O ₂ /дм ³	2,1	3,2	4,8	6,7	5,4	Зростає через надходження органічних речовин, далі дещо знижується
ХСК, мг O/дм ³	18	24	31	42	36	Збільшується внаслідок органічного та хімічного забруднення
Амонійний азот, мг/дм ³	0,18	0,32	0,58	1,10	0,82	Зростає в межах міста, що може вказувати на свіже органічне забруднення
Нітрити, мг/дм ³	0,015	0,028	0,045	0,085	0,064	Збільшуються у зоні антропогенного навантаження, нижче частково зменшуються
Нітрати, мг/дм ³	2,1	2,8	3,6	4,9	4,4	Поступове зростання, пов'язане з трансформацією сполук азоту
Фосфати, мг/дм ³	0,08	0,14	0,24	0,38	0,31	Зростають через побутові стоки та поверхневий злив
Хлориди, мг/дм ³	24	31	42	58	55	Підвищуються в межах міської території
Сульфати, мг/дм ³	38	45	56	72	68	Поступове збільшення, що свідчить про

						надходження мінеральних домішок
--	--	--	--	--	--	------------------------------------

Очікувана просторова динаміка якості води полягає у погіршенні більшості показників після проходження річкою урбанізованої території. Від точки Т-1 до Т-4 спостерігається зростання електропровідності, мінералізації, вмісту завислих речовин, БСК₅, ХСК, сполук азоту, фосфатів, хлоридів і сульфатів. Одночасно зменшується концентрація розчиненого кисню, що свідчить про посилення органічного забруднення. У точці Т-5 нижче за течією простежується часткове самоочищення водотоку, однак показники не повертаються до початкового рівня Т-1.

Очікувана просторова динаміка якості води полягає у тому, що найменший рівень антропогенного впливу має фіксуватися у створі Т-1, який характеризує стан води до проходження річкою найбільш навантаженої міської ділянки. У створах Т-2 і Т-3 можливе погіршення окремих показників, зокрема зростання каламутності, вмісту завислих речовин, БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів або нафтопродуктів. Це може бути пов'язано з рекреаційним навантаженням, зливовим стоком, засміченням берегів та впливом транспортної інфраструктури.

Створ Т-4 відображає сумарний вплив міської ділянки на якість води. Якщо у цій точці спостерігається підвищення показників органічного або біогенного забруднення порівняно з Т-1, це може свідчити про накопичувальний ефект урбанізованої території. Створ Т-5 дозволяє оцінити, чи відбувається часткове самоочищення води нижче за течією. Зменшення концентрацій забруднювальних речовин у Т-5 порівняно з Т-3 і Т-4 може вказувати на розбавлення, аерацію та природне самоочищення річки. Якщо ж показники залишаються підвищеними, це свідчить про триваліший вплив міського навантаження або наявність додаткових джерел забруднення нижче за течією.

Під час польового обстеження особливу увагу необхідно приділяти візуальним ознакам погіршення стану водного об'єкта. До таких ознак

належать зміна кольору води, підвищена каламутність, неприємний запах, наявність піни, маслянистих плівок, побутового сміття, замулення, слідів ерозії берегів та знищення прибережної рослинності.

Для міської ділянки Бистриці Солотвинської найбільш характерними потенційними проблемами є засмічення прибережної території, локальне руйнування берегів, витоптування рослинності в місцях відпочинку населення, наявність зливових випусків і надходження поверхневого стоку з доріг та прилеглих житлових кварталів. Такі чинники не завжди одразу проявляються у різкому перевищенні хімічних показників, однак вони формують постійне фонове навантаження на річкову екосистему.

Візуальні спостереження мають важливе значення для пояснення результатів лабораторного аналізу. Наприклад, підвищення каламутності та вмісту завислих речовин може бути пов'язане з ерозією берегів або змивом із забудованих територій. Зростання БСК₅ і амонійного азоту може вказувати на надходження органічних речовин. Виявлення маслянистої плівки або специфічного запаху може свідчити про вплив транспортного чи зливого стоку.

Сучасний стан якості води Бистриці Солотвинської загалом можна оцінювати як відносно задовільний за основними органічними та біогенними показниками у пункті офіційного моніторингу, однак річка залишається вразливою до локального забруднення. Це пов'язано з тим, що навіть за відсутності постійного перевищення більшості нормативів можливі короточасні епізоди погіршення якості води після сильних опадів, аварій на мережах водовідведення або несанкціонованого скидання забруднених вод.

Найбільш показовими для виявлення таких локальних впливів є амонійний азот, БСК₅, ХСК, завислі речовини, фосфати та нафтопродукти. Саме ці показники найшвидше реагують на надходження побутових стоків, органічних речовин, зливого стоку та забруднень із транспортної інфраструктури.

Особливістю Бистриці Солотвинської є її висока проточність і здатність до аерації, що позитивно впливає на самоочищення. Проте ця перевага не усуває ризиків, пов'язаних із урбанізацією. У межах міста річка приймає поверхневий стік із територій із високою часткою водонепроникних покриттів, а це може призводити до короткочасного, але інтенсивного надходження забруднювальних речовин.

Узагальнюючи результати аналізу, можна зазначити, що сучасний стан якості води річки Бистриця Солотвинська за офіційними показниками у пункті с. Скобичівка є переважно задовільним. Значення БСК, ХСК, нітратів, нітритів і фосфатів не свідчать про значне постійне забруднення. Водночас періодичне перевищення за амоній-іонами вказує на наявність локальних або епізодичних джерел органічного забруднення.

Для міської ділянки в межах м. Івано-Франківська основними чинниками потенційного погіршення якості води є зливовий стік, транспортне навантаження, рекреаційне використання набережної, засмічення берегів, порушення прибережної рослинності та можливі аварійні надходження забруднених вод. Найбільш вразливими є ділянки в центральній частині набережної, де поєднуються рекреаційне навантаження, близькість транспортної інфраструктури та ймовірність надходження поверхневого стоку.

Вода річки Бистриця Солотвинська не характеризується стабільно високим рівнем забруднення за більшістю основних показників, однак її гідроекологічний стан є чутливим до урбанізаційного впливу. Для об'єктивної оцінки впливу міста необхідно враховувати не лише середні значення фізико-хімічних показників, а й сезонність, паводкові явища, умови відбору проб, стан прибережної смуги та наявність локальних джерел забруднення. Комплексний аналіз цих чинників дозволяє встановити реальний рівень впливу урбанізації на гідроекологічний стан річки та визначити напрями природоохоронних заходів.

4.2. Вплив житлової, транспортної та промислової інфраструктури на стан річки

Урбанізована ділянка річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська перебуває під впливом комплексу антропогенних чинників, пов'язаних із житловою забудовою, транспортною інфраструктурою, комунальними мережами, рекреаційним використанням прибережної території та діяльністю промислово-господарських об'єктів. На відміну від верхньої гірської частини басейну, де переважають природні ландшафти, у межах міста річка безпосередньо контактує з територіями щільної забудови, дорогами, мостами, зливовими випусками, інженерними спорудами та зонами господарського використання.

Вплив міської інфраструктури на стан річки проявляється не лише через пряме надходження забруднювальних речовин у воду, а й через зміну природного характеру поверхневого стоку, порушення прибережної рослинності, зменшення площі водопроникних поверхонь, засмічення берегів і русла, а також локальну трансформацію гідроморфологічних умов. Саме тому аналіз впливу житлової, транспортної та промислової інфраструктури є важливою складовою оцінки гідроекологічного стану Бистриці Солотвинської.

Житлова забудова є одним із провідних чинників формування антропогенного навантаження на міські річки. У межах Івано-Франківська до Бистриці Солотвинської прилягають житлові квартали, рекреаційні зони, дороги, пішохідні простори та об'єкти міської інфраструктури. Наявність щільної забудови призводить до збільшення площі водонепроникних поверхонь: дахів будівель, тротуарів, асфальтованих дворів, доріг і парковок. У природних умовах значна частина атмосферних опадів просочується у ґрунт, однак у межах міста вода швидко стікає поверхнею та через зливову мережу надходить до річки.

Такий поверхневий стік може містити завислі речовини, органічні домішки, залишки побутового сміття, мийні засоби, біогенні елементи,

мікропластик та інші забруднювачі. Особливо інтенсивним цей процес є після сильних дощів або танення снігу, коли з території житлових кварталів змиваються пил, ґрунтові частинки, органічні рештки, продукти зношування дорожнього покриття та інші домішки. Унаслідок цього у воді можуть зростати каламутність, вміст завислих речовин, БСК₅, ХСК, амонійного азоту та фосфатів.

Комунальна інфраструктура також має важливе значення для формування якості води. Стан каналізаційних мереж, наявність аварійних ділянок, ефективність очищення стічних вод і контроль за несанкціонованими скидами прямо впливають на ризик надходження забруднень у річкову систему. Навіть за умови функціонування централізованого водовідведення залишаються ризики локальних витоків, перевантаження мереж під час сильних опадів або потрапляння забруднених вод через дренажні потічки й зливові випуски.

Показовим для басейну Бистриці Солотвинської є випадок забруднення поверхневих вод у районі с. Угринів, де було зафіксовано надходження забруднень із колектора мережі водовідведення у потічок, який далі впливав на Бистрицю Солотвинську. Лабораторно було підтверджено забруднення за амонієм, ХСК та БСК₅. Такий приклад свідчить, що навіть локальні порушення роботи комунальної інфраструктури здатні спричиняти помітне погіршення якості води.

Житлова забудова впливає також на стан прибережної смуги. У місцях активного використання берегів населенням спостерігається витоптування трав'яної рослинності, ущільнення ґрунту, формування стихійних стежок і місць відпочинку. Це зменшує здатність прибережної зони виконувати буферну функцію, тобто затримувати поверхневий стік, фільтрувати забруднювачі та запобігати ерозії берегів. Унаслідок цього річка стає більш вразливою до прямого надходження забруднювальних речовин із прилеглих міських територій.

Транспортна інфраструктура є одним із найбільш значущих джерел забруднення міських річок. У межах Івано-Франківська Бистриця

Солотвинська перетинається мостами, розташована поблизу автомобільних доріг, транспортних розв'язок, паркувальних зон і ділянок активного руху транспорту. Дорожнє покриття, мости та прилеглі автошляхи формують значні обсяги поверхневого стоку, який під час опадів може потрапляти до річки без достатнього очищення.

Основними забруднювачами транспортного походження є нафтопродукти, мастильні матеріали, важкі метали, поліциклічні ароматичні вуглеводні, частинки гуми від шин, пил від гальмівних колодок, мікропластик, пісок і протижеледні реагенти. Після дощів ці речовини змиваються з дорожнього полотна та через зливову каналізацію або поверхневий стік потрапляють у водні об'єкти. Для Бистриці Солотвинської цей чинник є особливо важливим у районах мостів, транспортних переходів і ділянок, де дороги проходять близько до русла.

Вплив транспорту проявляється не лише у хімічному забрудненні. Будівництво і експлуатація мостів, підпірних стінок, дамб, берегоукріплювальних споруд і дорожніх насипів змінюють природний характер русла та берегової зони. Такі об'єкти можуть обмежувати природну міграцію русла, змінювати швидкість течії, сприяти локальному підмиванню берегів або накопиченню наносів. У результаті порушуються природні гідроморфологічні процеси, що впливає на умови існування водних і прибережних організмів.

Окремою проблемою є засмічення русла й прибережної території відходами транспортного походження. До таких відходів належать автомобільні шини, пластикові елементи, металеві частини, тара з-під технічних рідин та інше сміття. Потрапляння шин і фрагментів гуми у воду є небезпечним, оскільки вони поступово руйнуються, утворюючи частинки мікропластику та виділяючи речовини, здатні негативно впливати на водні організми.

Транспортна інфраструктура також посилює шумове, пилове та ландшафтне навантаження на прибережну територію. У поєднанні з

рекреаційним використанням берегів це призводить до поступової деградації прибережної смуги, зниження її природоохоронної ролі та зменшення екологічної стійкості річкової екосистеми.

Промислова інфраструктура в межах міської ділянки Бистриці Солотвинської має переважно локальний і опосередкований характер впливу. На відміну від великих промислових центрів, де основним джерелом забруднення є прямі промислові скиди, у випадку Івано-Франківська важливішими є невеликі виробничі, складські, ремонтні, будівельні, комунальні та сервісні об'єкти, розміщені в межах водозбору або поблизу прибережної території.

До потенційних джерел впливу належать автосервіси, гаражні кооперативи, склади будівельних матеріалів, металобази, ремонтні майстерні, майданчики для зберігання техніки, об'єкти торгівлі та комунального господарства. З таких територій до річки можуть надходити нафтопродукти, завислі речовини, металева стружка, пил, залишки будівельних матеріалів, побутові й виробничі відходи. Найчастіше такі забруднення потрапляють у річку не через прямі скиди, а разом із дощовим або талим стоком.

Промислово-господарські об'єкти можуть впливати також через засмічення прибережної зони. Наявність складів, металобаз або господарських майданчиків поблизу річки підвищує ризик потрапляння у воду великогабаритних відходів, будівельного сміття, шин, металевих предметів та інших матеріалів. Такі відходи погіршують гідроморфологічний стан русла, створюють перешкоди для течії, сприяють накопиченню наносів і можуть бути джерелом вторинного забруднення.

Будівельна діяльність у межах прибережної території або поблизу неї є ще одним важливим чинником впливу. Під час будівництва доріг, мостів, житлових або комерційних об'єктів може порушуватися ґрунтовий покрив, знищуватися рослинність, збільшуватися надходження завислих речовин у річку. Потрапляння мінеральних частинок у воду призводить до підвищення

каламутності, замулення донних ділянок і погіршення умов існування донних організмів.

Вплив промислово-господарської інфраструктури може проявлятися у підвищенні вмісту нафтопродуктів, важких металів, завислих речовин, ХСК, а також у локальному погіршенні органолептичних властивостей води: появи запаху, маслянистої плівки, зміни кольору або піни. Для підтвердження такого впливу необхідні лабораторні дослідження води та донних відкладів, оскільки частина забруднювачів може акумулюватися саме у донному матеріалі.

Житлова, транспортна та промислово-господарська інфраструктура впливають на Бистрицю Солотвинську не ізольовано, а комплексно. На одній і тій самій ділянці можуть одночасно діяти кілька чинників: поверхневий стік із житлової забудови, зливної води з доріг, засмічення берегів, рекреаційне навантаження, локальні дренажні випуски та порушення прибережної рослинності. Саме поєднання цих впливів формує реальний рівень урбанізаційного навантаження на річкову екосистему.

У межах досліджуваних створів Т-1–Т-5 можна очікувати різну інтенсивність впливу інфраструктури. У фоновому створі Т-1 антропогенне навантаження має бути меншим, оскільки ця ділянка розташована вище основної зони рекреаційного та міського впливу. У створах Т-2 і Т-3, які охоплюють початок і центральну частину набережної, вплив житлової та рекреаційної інфраструктури, зливого стоку й транспортних шляхів може бути найбільш вираженим. Створ Т-4 відображає сумарний вплив міської ділянки, а Т-5 дає змогу оцінити, чи зберігаються ознаки забруднення нижче за течією.

Найбільш чутливими показниками до впливу міської інфраструктури є завислі речовини, каламутність, БСК₅, ХСК, амонійний азот, фосфати, хлориди, нафтопродукти та електропровідність. Підвищення завислих речовин може свідчити про змив із доріг, будівельних майданчиків або ерозійних берегів. Зростання БСК₅, ХСК та амонійного азоту може вказувати на органічне забруднення або вплив побутово-комунальних джерел.

Підвищення хлоридів і електропровідності може бути пов'язане з дорожнім стоком, дренажними водами або протижеледними реагентами. Наявність нафтопродуктів є типовою ознакою транспортного або господарського забруднення.

Важливим наслідком урбанізації є зниження природної самоочисної здатності річки. У природному стані прибережна рослинність, заплава, ґрунтовий покрив і донні біоценози беруть участь у затриманні, розкладанні та трансформації забруднювальних речовин. Проте в межах міста ці елементи часто порушені або фрагментовані. Якщо берегова зона забудована, витоптана або позбавлена рослинності, забруднення швидше потрапляє до води, а екосистема має менше можливостей для природного відновлення.

Для систематизації результатів аналізу вплив різних типів інфраструктури на стан Бистриці Солотвинської можна узагальнити у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Основні види інфраструктурного впливу на річку Бистриця Солотвинська

Тип інфраструктури	Основні джерела впливу	Можливі забруднювачі	Ймовірні наслідки для річки
Житлова забудова	Поверхневи й стік із дворів, дахів, тротуарів; побутове сміття; рекреаційне використання берегів	Органічні речовини, завислі частинки, фосфати, амонійний азот, мікропластик	Зростання БСК ₅ , ХСК, каламутності, засмічення берегів, порушення прибережної рослинності
Комунальна інфраструктура	Каналізаційні мережі, зливово-каналізація, дренажні випуски, аварійні витіки	Амонійний азот, органічні речовини, біогенні елементи, мікробіологічні забруднювачі	Локальне органічне забруднення, зниження кисневого режиму, санітарні ризики
Транспортна інфраструктура	Дороги, мости, паркінги,	Нафтопродукти, важкі метали,	Погіршення фізико-

	транспортні розв'язки, змив із дорожнього полотна	хлориди, частинки гуми, пил, мікропластик	хімічних показників, токсичний вплив на гідробіонтів, засмічення русла
Промислов о-господарські об'єкти	Склади, автосервіси, металобази, ремонтні майстерні, будівельні майданчики	Нафтопродукти, метали, завислі речовини, будівельні залишки, виробничі відходи	Локальне техногенне забруднення, накопичення забруднювачів у донних відкладах
Інженерні споруди	Дамби, берегоукріплення, мостові опори, підпірні стінки	Переважно фізичний і гідроморфологічний вплив	Зміна течії, порушення природної динаміки русла, ерозія або акумуляція наносів

Таким чином, найбільший вплив на гідроекологічний стан Бистриці Солотвинської в межах м. Івано-Франківська має не одне окреме джерело, а сукупність міських чинників. Житлова забудова формує постійний поверхневий і побутовий тиск; транспортна інфраструктура є джерелом нафтопродуктів, важких металів, хлоридів і завислих частинок; промислово-господарські об'єкти створюють ризик локального техногенного забруднення; комунальні мережі можуть бути джерелом аварійного або епізодичного органічного забруднення.

Отже, вплив житлової, транспортної та промислової інфраструктури на стан річки Бистриця Солотвинська проявляється у зміні фізико-хімічних показників води, посиленні поверхневого стоку, засміченні прибережної території, порушенні природної рослинності, трансформації русла та зниженні здатності річки до самоочищення. Найбільш вразливими є ділянки в межах набережної та поблизу мостів, зливових випусків, транспортних шляхів і господарських об'єктів. Для зменшення негативного впливу необхідні регулярний моніторинг якості води, контроль зливових випусків, очищення

прибережної смуги, відновлення рослинності, обмеження неорганізованої рекреації та посилення контролю за господарською діяльністю поблизу русла.

4.3. Оцінка змін прибережної захисної смуги внаслідок урбанізації

Прибережна захисна смуга є важливим елементом екологічної стабільності річкової системи, оскільки виконує водоохоронну, фільтраційну, протиерозійну, біотопічну та ландшафтну функції. Її стан безпосередньо впливає на якість поверхневих вод, інтенсивність надходження забруднювальних речовин до русла, рівень ерозійних процесів і здатність річки до природного самоочищення. У межах урбанізованих територій прибережні захисні смуги зазнають значної трансформації внаслідок житлової забудови, транспортного навантаження, рекреаційного використання, прокладання інженерних мереж, засмічення та зменшення площі природної рослинності.

Оцінка змін прибережної захисної смуги річки Бистриця Солотвинська здійснювалася в межах досліджуваної міської ділянки м. Івано-Франківська відповідно до методики, наведеної у підрозділі 3.3. Для цього було проведено маршрутне обстеження п'яти контрольних створів Т-1–Т-5, які відповідають точкам відбору проб води. У кожному створі аналізувався стан прибережної території на лівому та правому берегах річки, з урахуванням наявності природної рослинності, засмічення, рекреаційного навантаження, транспортного впливу, зливових випусків, ерозійних процесів та інженерного освоєння берегів.

Згідно з водоохоронними вимогами, прибережна захисна смуга повинна забезпечувати зменшення надходження забруднювальних речовин у водний об'єкт, захист берегів від руйнування, збереження природної рослинності та підтримання сприятливих умов для існування водних і прибережних організмів. Для Бистриці Солотвинської, яка має гірсько-передгірний характер і проходить через урбанізовану територію, збереження прибережної смуги має

особливе значення, оскільки саме вона є природним бар'єром між річкою та міським середовищем.

Характеристика змін прибережної смуги за точками спостереження

У фоновому створі Т-1, розташованому вище за течією від основної зони міського впливу, прибережна територія характеризувалася порівняно кращим станом. Тут зберігалися ділянки трав'яної та деревно-чагарникової рослинності, які виконують буферну функцію і частково захищають річку від прямого надходження поверхневого стоку. Ознаки антропогенного впливу проявлялися переважно у вигляді поодинокого побутового сміття, локального витоптування берегів і наявності стежок. Загальний рівень трансформації прибережної смуги у цій точці можна оцінити як помірний.

У створі Т-2, що відповідає початку набережної і входу річки в рекреаційну зону, рівень антропогенного навантаження помітно зростає. На цій ділянці спостерігалася часткове порушення природної рослинності, наявність витоптаних місць, пішохідних стежок, локального засмічення та ознак рекреаційного використання берегів. Порівняно з Т-1 прибережна смуга тут є більш фрагментованою, а її здатність затримувати поверхневий стік і забруднювальні речовини знижена.

Найбільш виражені зміни були зафіксовані у створі Т-3, який розташований у центральній частині набережної та характеризується максимальним рекреаційним і урбанізаційним навантаженням. На цій ділянці спостерігалися витоптування трав'яного покриву, зменшення природної деревно-чагарникової рослинності, засмічення прибережної території, близькість пішохідної та транспортної інфраструктури, а також можливий вплив зливових випусків. Саме ця точка є найбільш показовою для оцінки впливу урбанізації на стан прибережної захисної смуги.

У створі Т-4, що відповідає нижній межі набережної, рівень антропогенного навантаження залишався високим, однак мав дещо інший характер. Тут проявлявся сумарний вплив міської ділянки: порушення природної структури берегів, наявність локального засмічення, сліди

рекреаційного використання, можливе надходження поверхневого стоку з прилеглих територій і часткова трансформація берегової лінії. Прибережна смуга на цій ділянці зберігала окремі природні елементи, однак її екологічна функція була ослаблена.

У створі Т-5, розташованому нижче за течією від основної урбанізованої ділянки, спостерігалось часткове зниження інтенсивності безпосереднього рекреаційного навантаження. Проте сліди впливу міської території залишалися помітними: траплялося побутове сміття, локальні порушення рослинності, фрагментарне засмічення берегів і ознаки попереднього антропогенного впливу. Це свідчить про те, що вплив урбанізації не обмежується лише центральною частиною набережної, а може поширюватися нижче за течією.

Бальна оцінка стану прибережної захисної смуги

Для кількісного узагальнення результатів польового обстеження було використано бальну шкалу, описану в методичній частині роботи. Кожен індикатор оцінювався від 0 до 3 балів, де 0 балів відповідає відсутності порушень, а 3 бали - сильному антропогенному впливу. Максимальна кількість балів для однієї точки становила 21.

Таблиця 4.4. Бальна оцінка змін прибережної захисної смуги річки Бистриця Солотвинська

Індикатор антропогенного впливу	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	Т-5
Засмічення прибережної території	1	2	3	2	1
Порушення природної рослинності	1	2	3	2	2
Рекреаційне навантаження	1	2	3	2	1
Вплив транспортної інфраструктури	1	2	2	2	1
Наявність зливових або дренажних випусків	0	1	2	2	1
Ерозія та руйнування берегів	1	2	2	2	1

Забудова та інженерне освоєння прибережної смуги	1	2	3	2	1
Сума балів	6	13	18	14	8
Індекс антропогенного навантаження, %	28,6	61,9	85,7	66,7	38,1
Рівень навантаження	помірний	високій	дуже високий	високий	помірний

Результати бальної оцінки свідчать, що найменший рівень антропогенного навантаження на прибережну захисну смугу спостерігається у створі Т-1, де індекс становить 28,6 %. Це пояснюється меншою інтенсивністю рекреаційного використання, відносно кращим збереженням рослинності та меншою кількістю джерел прямого міського впливу. Водночас навіть у цій точці повністю природний стан прибережної смуги не зберігається, що підтверджується наявністю окремих ознак засмічення та витоупування.

У створі Т-2 індекс антропогенного навантаження зростає до 61,9 %, що відповідає високому рівню впливу. Це свідчить про початок інтенсивної трансформації прибережної смуги в межах рекреаційної зони. Основними чинниками є збільшення кількості відвідувачів, формування стежок, часткове руйнування рослинного покриву та вплив прилеглої міської інфраструктури.

Максимальне значення індексу зафіксовано у створі Т-3 - 85,7 %, що відповідає дуже високому рівню антропогенного навантаження. Ця ділянка характеризується найбільшим ступенем урбанізаційної трансформації: природна рослинність значною мірою порушена, прибережна територія активно використовується населенням, спостерігається засмічення, витоупування та вплив інженерної інфраструктури. Саме ця точка може розглядатися як найбільш проблемна в межах досліджуваної ділянки.

У створі Т-4 індекс становить 66,7 %, що також відповідає високому рівню антропогенного навантаження. Це свідчить про те, що негативний вплив не обмежується центральною частиною набережної, а зберігається нижче за течією. На цій ділянці проявляється сумарний ефект урбанізації, зокрема вплив поверхневого стоку, рекреаційного використання, порушення берегової лінії та фрагментація прибережної рослинності.

У створі Т-5 індекс знижується до 38,1 %, що відповідає помірному рівню антропогенного навантаження. Це може свідчити про часткове зменшення інтенсивності прямого міського впливу після проходження річкою найбільш урбанізованої ділянки. Проте наявність залишкових ознак засмічення, порушення рослинності та локального впливу з боку прибережної території показує, що екологічний стан прибережної смуги нижче за течією також потребує уваги.

Аналіз результатів показує чітку просторову закономірність: від фонового створу Т-1 до центральної частини набережної Т-3 рівень антропогенного навантаження поступово зростає, після чого у створах Т-4 і Т-5 спостерігається часткове зниження інтенсивності впливу. Така динаміка є типовою для міських ділянок річок, де найбільші порушення прибережної смуги зосереджені в місцях активної забудови, рекреаційного використання, транспортних переходів і зливого стоку.

Зростання індексу антропогенного навантаження в точках Т-2–Т-4 свідчить про те, що урбанізація істотно змінює структуру та функціональне значення прибережної захисної смуги. Замість природного буфера між річкою і водозбором частина прибережної території перетворюється на рекреаційно-інфраструктурну зону, яка не завжди здатна ефективно виконувати водоохоронні функції.

Найбільш суттєвими змінами прибережної захисної смуги внаслідок урбанізації є:

- зменшення площі природної трав'яної, чагарникової та деревної рослинності;
- фрагментація природного рослинного покриву;
- формування витоптаних ділянок і стихійних стежок;
- засмічення берегів побутовими та великогабаритними відходами;
- збільшення надходження поверхневого стоку з водонепроникних міських поверхонь;
- вплив мостів, доріг, інженерних споруд і зливових випусків;

- локальне підмивання та руйнування берегів;
- зниження буферної здатності прибережної території.

Вплив змін прибережної смуги на гідроекологічний стан річки

Трансформація прибережної захисної смуги безпосередньо впливає на гідроекологічний стан Бистриці Солотвинської. Порушення рослинного покриву зменшує здатність берегової зони затримувати поверхневий стік і забруднювальні речовини. У результаті до річки швидше надходять завислі частинки, органічні речовини, нафтопродукти, біогенні елементи, мікропластик та інші домішки, характерні для урбанізованих територій.

Засмічення берегів і русла спричиняє не лише естетичне погіршення стану річки, а й може створювати фізичні перешкоди для течії, сприяти накопиченню наносів, руйнуванню місць існування водних організмів і формуванню вторинного забруднення. Побутове сміття, пластик, скло, металеві предмети та автомобільні шини можуть тривалий час зберігатися у водному середовищі, поступово руйнуючись і погіршуючи якість води.

Рекреаційне навантаження призводить до витоптування рослинності, ущільнення ґрунту та руйнування верхнього шару берегових ґрунтів. Це посилює поверхневий змив і підвищує ризик ерозії. У місцях, де прибережна смуга втратила природну рослинність, річка стає більш відкритою до прямого впливу міського середовища.

Інженерне освоєння берегів, зокрема наявність мостів, укріплених ділянок, підпірних стінок або інших споруд, може змінювати природну морфологію русла. Це впливає на швидкість течії, процеси акумуляції та розмиву, стан донних відкладів і умови існування гідробіонтів. Для Бистриці Солотвинської, яка має паводковий режим і природну схильність до активних руслових процесів, такі зміни можуть мати особливо відчутні наслідки.

Узагальнена оцінка змін прибережної захисної смуги

Результати експериментального оцінювання свідчать, що прибережна захисна смуга річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська зазнає помітної трансформації під впливом урбанізації. Найбільш

порушеними є ділянки в межах центральної частини набережної, де поєднуються рекреаційне навантаження, близькість транспортної та пішохідної інфраструктури, засмічення, фрагментація рослинності та можливе надходження зливового стоку.

За результатами бальної оцінки, рівень антропогенного навантаження змінюється від помірного у фоновому створі Т-1 до дуже високого у створі Т-3. Це підтверджує, що урбанізація має виражений просторовий вплив на стан прибережної захисної смуги. Зниження індексу у створі Т-5 свідчить про часткове зменшення прямого міського впливу нижче за течією, однак повного відновлення природного стану прибережної території не спостерігається.

Отже, зміни прибережної захисної смуги внаслідок урбанізації є одним із ключових чинників погіршення гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська. Порушення природної рослинності, засмічення, рекреаційне навантаження, інженерне освоєння берегів і надходження поверхневого стоку з міської території знижують водоохоронну роль прибережної смуги та підвищують ризик забруднення поверхневих вод. Для поліпшення ситуації необхідне відновлення прибережної рослинності, регулярне очищення берегів, контроль зливових випусків, обмеження неорганізованої рекреації, встановлення інформаційних знаків і забезпечення дотримання режиму прибережної захисної смуги.

4.4. Виявлення основних екологічних проблем досліджуваної ділянки річки

За результатами аналізу фізико-хімічних показників якості води, маршрутного обстеження прибережної території та бальної оцінки антропогенного навантаження було встановлено, що досліджувана ділянка річки Бистриця Солотвинська в межах м. Івано-Франківська зазнає комплексного впливу урбанізованого середовища. Основні екологічні проблеми пов'язані не з одним окремим джерелом забруднення, а з поєднанням житлової забудови, транспортної інфраструктури, рекреаційного

навантаження, зливого стоку, засмічення берегів і часткової трансформації прибережної захисної смуги.

Досліджувана ділянка річки має важливе екологічне та рекреаційне значення для міста. Водночас розташування річки в межах урбанізованої території зумовлює підвищений ризик погіршення її гідроекологічного стану. Найбільш вразливими є ділянки в межах набережної, де спостерігається активне використання прибережної території населенням, близькість доріг і мостів, локальне засмічення та порушення природної рослинності.

Однією з найбільш помітних екологічних проблем досліджуваної ділянки є засмічення берегів і прибережної смуги побутовими відходами. Під час польових спостережень у межах окремих створів було зафіксовано наявність пластикової тари, поліетиленових пакетів, паперу, скла, залишків упаковки та інших побутових відходів. Найбільш виражено ця проблема проявляється у центральній частині набережної, де рекреаційне навантаження є найвищим.

Засмічення прибережної території негативно впливає на естетичний стан річки, знижує рекреаційну цінність території та створює ризик потрапляння відходів безпосередньо у воду. Пластикові матеріали можуть поступово руйнуватися з утворенням мікропластику, який є небезпечним для водних організмів. Крім того, накопичення сміття в прибережній зоні може сприяти вторинному забрудненню води органічними речовинами та токсичними домішками.

Другою важливою проблемою є часткове порушення природної рослинності прибережної захисної смуги. У межах урбанізованої ділянки спостерігається фрагментація трав'яного покриву, витоптування берегів, зменшення площі природної деревно-чагарникової рослинності та заміна природних ділянок рекреаційними або інфраструктурними елементами.

Прибережна рослинність відіграє важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги річки. Вона затримує поверхневий стік, зменшує надходження завислих речовин і забруднювачів у воду, укріплює береги, створює затінення та забезпечує умови існування для багатьох видів живих організмів. Її

порушення призводить до зниження буферної здатності прибережної смуги та посилення прямого впливу міського середовища на річку.

Найбільш виражені порушення рослинного покриву були характерні для створів Т-2, Т-3 і Т-4, які розташовані в межах рекреаційно активної частини набережної. У цих точках зафіксовано вищий рівень антропогенного навантаження порівняно з фоновим створом Т-1.

Рекреаційне використання берегів є характерною особливістю міської ділянки Бистриці Солотвинської. Набережна використовується населенням для прогулянок, відпочинку, рибальства, неорганізованого перебування біля води та інших форм дозвілля. За відсутності достатнього екологічного контролю таке використання може призводити до витоптування рослинності, ущільнення ґрунту, засмічення території та руйнування берегової лінії.

Найбільше рекреаційне навантаження було характерне для центральної частини досліджуваної ділянки, зокрема створу Т-3. Саме тут за результатами бальної оцінки було встановлено найвищий індекс антропогенного навантаження - 85,7 %, що відповідає дуже високому рівню впливу. Це свідчить про те, що центральна частина набережної є найбільш проблемною з погляду збереження природних функцій прибережної захисної смуги.

Важливою екологічною проблемою є надходження до річки поверхневого стоку з урбанізованої території. У межах міста значна частина поверхні зайнята асфальтом, бетонним покриттям, дахами будівель, дорогами, тротуарами та паркувальними зонами. Під час дощів і танення снігу вода швидко стікає з цих поверхонь і може потрапляти до річки через зливову каналізацію, дренажні потічки або безпосередньо з прибережної території.

Такий стік може містити завислі речовини, нафтопродукти, частинки гуми, важкі метали, протиожеледні реагенти, побутове сміття, органічні речовини та біогенні елементи. Потрапляння цих речовин у річку може спричиняти підвищення каламутності, збільшення вмісту завислих речовин, зростання БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів і погіршення кисневого режиму.

Особливо небезпечним поверхневий стік є після інтенсивних опадів, коли відбувається швидке змивання забруднень із великої площі міської території. Для Бистриці Солотвинської, яка має паводковий характер і швидко реагує на дощі, цей чинник є одним із ключових у формуванні короточасних епізодів погіршення якості води.

Транспортна інфраструктура є ще одним важливим джерелом антропогенного навантаження. Поблизу досліджуваної ділянки розташовані автомобільні дороги, мости, під'їзні шляхи та ділянки активного руху транспорту. З дорожнього полотна до річки можуть надходити пил, пісок, нафтопродукти, залишки мастильних матеріалів, частинки шин, продукти зношування гальмівних колодок і протиожеледні реагенти.

Вплив транспорту проявляється як у хімічному, так і у фізичному забрудненні. Хімічне забруднення пов'язане з надходженням токсичних речовин, а фізичне - із засміченням берегів, ущільненням ґрунту, зміною умов поверхневого стоку та локальною трансформацією берегової лінії. Найбільш уразливими до такого впливу є ділянки поблизу мостів і транспортних підходів.

У межах досліджуваної ділянки спостерігаються ознаки локального порушення берегової лінії. Вони проявляються у вигляді витоптаних схилів, підмивання окремих ділянок, оголення ґрунту, зменшення трав'яного покриву та формування стежок до води. Такі процеси посилюються в умовах рекреаційного навантаження, недостатнього розвитку прибережної рослинності та впливу паводкових вод.

Ерозія берегів сприяє надходженню до річки завислих речовин, що може підвищувати каламутність води та спричиняти замулення окремих ділянок русла. Крім того, руйнування берегів погіршує умови існування прибережних і водних організмів, знижує стійкість берегової зони та посилює негативний вплив урбанізації.

Порушення прибережної смуги, засмічення берегів, надходження поверхневого стоку та трансформація русла можуть знижувати природну

самоочисну здатність річки. У природних умовах самоочищення забезпечується завдяки розбавленню забруднювачів, аерації води, діяльності мікроорганізмів, фільтраційній ролі прибережної рослинності та взаємодії води з донними відкладами.

Бистриця Солотвинська має природні передумови для самоочищення завдяки швидкій течії та добрій аерації води. Однак у межах урбанізованої території ці природні механізми можуть бути ослаблені через постійне надходження забруднень, порушення берегів і зменшення площі природної рослинності. Якщо антропогенне навантаження перевищує здатність річки до самовідновлення, відбувається поступове погіршення її гідроекологічного стану. Основні екологічні проблеми досліджуваної ділянки річки Бистриця Солотвинська узагальнено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Основні екологічні проблеми досліджуваної ділянки річки Бистриця Солотвинська

Екологічна проблема	Основні причини виникнення	Можливі наслідки
Засмічення берегів і русла	Рекреаційне використання, недостатня кількість урн, низький рівень екологічної культури, змив сміття під час опадів	Погіршення естетичного стану, вторинне забруднення, утворення мікропластику, загроза для гідробіонтів
Порушення прибережної рослинності	Витоптування, облаштування стихійних стежок, рекреаційне навантаження, інженерне освоєння берегів	Зниження буферної функції прибережної смуги, посилення ерозії, збільшення поверхневого змиву
Поверхневий стік із міської території	Асфальтовані поверхні, дороги, тротуари, житлова забудова, зливово-каналізація	Надходження завислих речовин, нафтопродуктів, біогенних елементів, підвищення каламутності води
Вплив транспортної інфраструктури	Дороги, паркувальні зони, мости, інтенсивний рух транспорту	Надходження нафтопродуктів, важких металів, хлоридів, частинок гуми та пилу

Ерозія та руйнування берегів	Паводковий режим, витоптування, відсутність рослинного покриву, локальне підмивання	Зростання вмісту завислих речовин, замулення, погіршення стану берегової зони
Рекреаційне навантаження	Відпочинок населення, неорганізоване використання берегів, відсутність належного контролю	Засмічення, витоптування, ущільнення ґрунту, руйнування прибережної рослинності
Ризик локального органічного забруднення	Зливові випуски, дренажні потічки, можливі аварійні витіки з комунальних мереж	Зростання БСК ₅ , ХСК, амонійного азоту, погіршення кисневого режиму

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що найбільш проблемною є центральна частина досліджуваної ділянки, яка відповідає створу Т-3. Саме тут поєднуються максимальне рекреаційне навантаження, порушення прибережної рослинності, засмічення, вплив міської інфраструктури та потенційне надходження поверхневого стоку. Високий рівень антропогенного навантаження також характерний для створів Т-2 і Т-4, що свідчить про просторове поширення урбанізаційного впливу вздовж набережної.

У створі Т-1 екологічні проблеми проявляються слабше, що пояснюється меншим рівнем урбанізаційного впливу та кращим станом прибережної рослинності. У створі Т-5 спостерігається часткове зниження антропогенного навантаження, однак залишкові ознаки засмічення та порушення прибережної смуги свідчать про те, що вплив міської території зберігається і нижче за течією. Основними екологічними проблемами досліджуваної ділянки річки Бистриця Солотвинська є засмічення берегів і русла, порушення природної прибережної рослинності, рекреаційне навантаження, надходження забрудненого поверхневого стоку, вплив транспортної інфраструктури, локальна ерозія берегів і ризик органічного забруднення.

РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ БИСТРИЦЯ СОЛОТВИНСЬКА

5.1. Напрями зменшення антропогенного навантаження на річкову екосистему

Покращення гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська потребує комплексного підходу, оскільки основні екологічні проблеми досліджуваної ділянки мають багатфакторний характер. На стан річки одночасно впливають урбанізований поверхневий стік, рекреаційне навантаження, засмічення прибережної території, порушення природної рослинності, транспортна інфраструктура, локальні зливи та дренажні випуски, а також трансформація берегової зони. Тому заходи щодо зменшення антропогенного навантаження повинні бути спрямовані не лише на очищення води, а й на відновлення природних функцій прибережної захисної смуги, удосконалення міської інфраструктури та підвищення екологічної відповідальності населення.

Основною метою природоохоронних заходів є зменшення надходження забруднювальних речовин у річку, відновлення водоохоронної ролі прибережної території, збереження біорізноманіття та підвищення самоочисної здатності річкової екосистеми. Для Бистриці Солотвинської, яка має важливе екологічне, рекреаційне та водогосподарське значення для м. Івано-Франківська, особливо актуальними є заходи, спрямовані на контроль поверхневого стоку, благоустрій берегів, запобігання засміченню та збереження природної рослинності.

Одним із пріоритетних напрямів є зменшення негативного впливу поверхневого стоку з урбанізованих територій. У межах міста значна частина опадів не просочується у ґрунт, а швидко стікає з асфальтованих доріг, тротуарів, дахів, автостоянок і дворів до річки. Разом із такою водою у Бистрицю Солотвинську можуть потрапляти завислі речовини, нафтопродукти, важкі метали, протиожеледні реагенти, органічні домішки, мікропластик і побутове сміття.

Для зменшення цього впливу доцільно впроваджувати локальні системи очищення зливових вод перед їх потраплянням у річку. До таких рішень належать пісковловлювачі, нафтовловлювачі, біофільтраційні канами, дощові сади, інфільтраційні смуги та локальні очисні споруди для зливової каналізації. Особливо важливо встановлювати такі елементи в місцях, де злизові випуски безпосередньо спрямовані до русла або розташовані поблизу найбільш навантажених ділянок набережної.

Ефективним напрямом є також збільшення площі водопроникних поверхонь у межах прибережної території. Використання водопроникного покриття для пішохідних доріжок, парковок і рекреаційних зон дозволяє зменшити швидкість поверхневого стоку, підвищити інфільтрацію води у ґрунт і зменшити обсяг забруднень, які потрапляють до річки після опадів.

Важливим напрямом покращення стану річки є відновлення прибережної захисної смуги. За результатами дослідження встановлено, що найбільш порушеними є ділянки в межах центральної частини набережної, де спостерігаються витоптування рослинності, засмічення, фрагментація природного покриву та інтенсивне рекреаційне навантаження. Саме ці ділянки потребують першочергового екологічного впорядкування.

Відновлення прибережної смуги має передбачати висадження місцевих видів дерев, кущів і трав'янистих рослин, здатних укріплювати береги, затримувати поверхневий стік і створювати природний буфер між містом і річкою. Доцільно надавати перевагу місцевим видам рослин, пристосованим до умов Передкарпаття та заплавних територій. Формування багаторусної прибережної рослинності сприятиме зменшенню ерозії, поліпшенню мікроклімату, затіненню води та створенню середовищ існування для птахів, комах і дрібних тварин.

На ділянках із високим рекреаційним навантаженням необхідно обмежити стихійний доступ до води шляхом облаштування визначених підходів, дерев'яних настилів, екологічних стежок і огорожень природоохоронного типу. Це дозволить зменшити хаотичне витоптування

берегів і спрямувати потоки відвідувачів у безпечні для річкової екосистеми зони.

Засмічення прибережної території є однією з найбільш помітних екологічних проблем досліджуваної ділянки. Для її вирішення необхідно поєднувати організаційні, інфраструктурні та просвітницькі заходи. Насамперед потрібно забезпечити достатню кількість контейнерів для роздільного збору відходів у місцях активного відпочинку населення. Контейнери мають бути розташовані так, щоб ними було зручно користуватися, але водночас вони не створювали ризику потрапляння сміття у воду під час паводків або сильного вітру.

Необхідним є регулярне прибирання прибережної смуги, особливо після вихідних днів, масових заходів, паводків і сильних опадів. Доцільно запровадити постійний графік очищення берегів із залученням комунальних служб, громадських організацій, студентів, волонтерів і мешканців прилеглих мікрорайонів. Окрему увагу слід приділяти вилученню великогабаритних відходів, зокрема автомобільних шин, металевих предметів, будівельних залишків і пластику.

Для профілактики засмічення важливо встановити інформаційні таблички про заборону залишення сміття, шкоду пластику для водних організмів і відповідальність за забруднення прибережної території. Такі заходи мають супроводжуватися екологічною просвітою населення, оскільки довгострокове зменшення засмічення можливе лише за умови зміни поведінки відвідувачів набережної.

Транспортна інфраструктура є джерелом надходження нафтопродуктів, пилу, важких металів, частинок гуми, хлоридів і протиожеледних реагентів. Тому важливим напрямом є зменшення забруднення з доріг, мостів і парковок, розташованих поблизу Бистриці Солотвинської.

Доцільно облаштовувати системи збору та очищення стоку з мостів і доріг перед його потраплянням у річку. У місцях найбільшого транспортного навантаження варто передбачати локальні фільтраційні споруди, піско- та

нафтовловлювачі. Особливо це актуально для ділянок поблизу мостових переходів, де забруднення з дорожнього полотна може швидко потрапляти у воду.

Необхідно також обмежити стихійний під'їзд автотранспорту до берегів річки. Для цього доцільно встановлювати фізичні обмежувачі руху, облаштовувати визначені паркувальні місця на безпечній відстані від русла та забороняти миття автомобілів поблизу водного об'єкта. Такі заходи зменшать ризик потрапляння нафтопродуктів і мийних засобів у річку.

Удосконалення контролю за зливовими та дренажними випусками

Злизові та дренажні випуски є потенційними шляхами надходження забруднень у річку. У межах досліджуваної ділянки необхідно провести інвентаризацію всіх випусків, труб, каналів і дренажних потічків, які мають гідравлічний зв'язок із Бистрицею Солотвинською. Для кожного такого об'єкта слід визначити його походження, технічний стан, характер стоку та можливий вплив на якість води.

Особливої уваги потребують випуски, біля яких спостерігаються зміна кольору води, неприємний запах, піна, масляниста плівка, замулення або підвищена каламутність. У таких місцях необхідно проводити додатковий лабораторний контроль води за показниками БСК₅, ХСК, амонійного азоту, фосфатів, нафтопродуктів, завислих речовин і мікробіологічних показників.

Для зменшення впливу зливових випусків доцільно поступово впроваджувати природоорієнтовані рішення: біофільтраційні смуги, штучні заболочені ділянки, фільтраційні канали, дощові сади та інфільтраційні басейни. Такі елементи дозволяють затримувати забруднення ще до потрапляння води у річку.

Зменшення рекреаційного навантаження

Оскільки набережна Бистриці Солотвинської активно використовується населенням для відпочинку, повністю обмежити рекреаційне використання недоцільно. Натомість необхідно організувати його так, щоб воно не завдавало шкоди річковій екосистемі. Для цього потрібно створити впорядковану

рекреаційну інфраструктуру: визначені місця відпочинку, пішохідні маршрути, лавки, урни, інформаційні стенди та екологічні стежки.

Важливо відокремити зони активного відпочинку від ділянок, які мають природоохоронне значення. На найбільш вразливих ділянках берегів слід обмежити доступ, щоб дати можливість відновитися рослинності. У місцях масового перебування людей необхідно встановити контейнери для сміття, забезпечити регулярне прибирання та контроль за дотриманням правил поведінки.

Ефективним заходом є проведення інформаційно-просвітницьких кампаній для мешканців міста. Вони можуть включати екологічні акції, тематичні екскурсії, заняття для школярів і студентів, волонтерські прибирання та популяризацію відповідального відпочинку біля води.

Відновлення природної самоочисної здатності річки

Бистриця Солотвинська має природні передумови до самоочищення завдяки швидкій течії, добрій аерації та гірсько-передгірному характеру. Однак урбанізація знижує ефективність природних механізмів самоочищення через постійне надходження забруднень і порушення прибережної смуги. Тому важливим напрямом є відновлення природних процесів, які сприяють очищенню води.

До таких заходів належить збереження природних ділянок русла, недопущення надмірного бетонування берегів, відновлення запlavної рослинності, збереження мілководних і прибережних біотопів, а також запобігання замуленню. За можливості слід застосовувати не жорсткі інженерні методи берегоукріплення, а природоорієнтовані рішення: біоінженерні укріплення, висадження рослин із розвинутою кореневою системою, використання фашин, геоматів і природних матеріалів.

Такі заходи дозволяють не лише стабілізувати береги, а й зберегти екологічну цінність річкової долини.

Організація системного моніторингу

Для ефективного управління станом річки необхідний регулярний моніторинг якості води та стану прибережної території. Моніторинг має включати визначення фізико-хімічних показників води, візуальну оцінку берегів, контроль засмічення, фотофіксацію проблемних ділянок і спостереження за зливовими випусками.

Доцільно проводити спостереження не менше трьох разів на рік: у весняний період підвищеної водності, у літню межень та восени. Додаткові обстеження бажано здійснювати після сильних дощів, паводків або аварійних ситуацій. Особливу увагу слід приділяти створам, у яких раніше було встановлено високий рівень антропогенного навантаження, зокрема центральній частині набережної.

Результати моніторингу доцільно використовувати для створення карти проблемних ділянок Бистриці Солотвинської. Така карта може стати основою для планування природоохоронних заходів, визначення пріоритетів благоустрою та контролю за станом водного об'єкта.

Узагальнення основних напрямів зменшення антропогенного навантаження

Основні напрями зменшення антропогенного навантаження на річкову екосистему Бистриці Солотвинської узагальнено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Основні напрями зменшення антропогенного навантаження на річку Бистриця Солотвинська

Проблема	Запропоновані заходи	Очікуваний екологічний ефект
Забруднений поверхневий стік	Встановлення пісковловлювачів, нафтовловлювачів, дощових садів, біофільтраційних смуг	Зменшення надходження завислих речовин, нафтопродуктів і біогенних елементів
Засмічення берегів і русла	Регулярне прибирання, встановлення контейнерів, екологічні акції, інформаційні знаки	Зменшення кількості побутових відходів, покращення естетичного та санітарного стану
Порушення прибережної рослинності	Висадження місцевих видів дерев і кущів, обмеження витоптування, створення екостежок	Відновлення буферної функції прибережної смуги, зменшення ерозії

Транспортне забруднення	Очищення стоку з доріг і мостів, обмеження під'їзду авто до води, контроль паркування	Зменшення надходження нафтопродуктів, важких металів і хлоридів
Рекреаційне навантаження	Облаштування визначених місць відпочинку, урн, настилів, інформаційних стендів	Зменшення хаотичного використання берегів, збереження рослинності
Зливі та дренажні випуски	Інвентаризація випусків, лабораторний контроль, локальні очисні споруди	Виявлення та зменшення джерел локального забруднення
Ерозія берегів	Біоінженерне укріплення берегів, відновлення рослинності, обмеження доступу до вразливих ділянок	Стабілізація берегової лінії, зменшення замулення та каламутності
Недостатній контроль стану річки	Регулярний моніторинг, фотофіксація, карта проблемних ділянок	Своєчасне виявлення змін і планування природоохоронних заходів

Таким чином, зменшення антропогенного навантаження на річкову екосистему Бистриці Солотвинської повинно базуватися на поєднанні інженерних, природоорієнтованих, організаційних і просвітницьких заходів. Найбільш ефективним є комплексний підхід, який передбачає очищення зливого стоку, відновлення прибережної рослинності, контроль засмічення, впорядкування рекреаційного використання берегів, обмеження транспортного впливу та регулярний моніторинг якості води.

Реалізація запропонованих заходів дозволить зменшити надходження забруднювальних речовин до річки, підвищити екологічну стійкість прибережної території, поліпшити умови існування водних організмів і зберегти рекреаційну цінність Бистриці Солотвинської для мешканців м. Івано-Франківська.

5.2. Заходи з відновлення та охорони прибережної захисної смуги

Відновлення та охорона прибережної захисної смуги річки Бистриця Солотвинська є одним із ключових напрямів покращення її гідроекологічного

стану. Саме прибережна смуга виконує роль природного бар'єра між річковою екосистемою та урбанізованим середовищем. Вона затримує поверхневий стік, зменшує надходження завислих речовин і забруднювачів, укріплює береги, підтримує біорізноманіття, сприяє природному самоочищенню води та формує сприятливі умови для рекреаційного використання території.

За результатами дослідження встановлено, що найбільш порушеними є ділянки прибережної захисної смуги в межах центральної частини набережної, де спостерігаються засмічення, витоптування рослинності, фрагментація природного покриву, вплив транспортної інфраструктури та рекреаційне навантаження. Тому заходи з відновлення мають бути спрямовані передусім на ділянки Т-2, Т-3 і Т-4, де рівень антропогенного навантаження оцінено як високий або дуже високий.

Першочерговим заходом є відновлення природної прибережної рослинності. Рослинний покрив виконує водоохоронну, ґрунтозахисну та фільтраційну функції, а також зменшує швидкість поверхневого стоку. На ділянках із порушеним трав'яним покривом доцільно провести залуження місцевими багаторічними травами, стійкими до періодичного зволоження та витоптування. Це дозволить зменшити ерозію, закріпити ґрунт і підвищити здатність прибережної смуги затримувати забруднення.

На ділянках із недостатньою деревно-чагарниковою рослинністю доцільно висаджувати місцеві види дерев і кущів, характерні для заплавних та прибережних територій Передкарпаття. До таких видів можуть належати верба, вільха, клен, ясен, ліщина, калина, дерен, шипшина та інші види, здатні добре закріплювати береги і витримувати змінний режим зволоження. Перевагу слід надавати саме місцевим видам, оскільки вони краще пристосовані до природних умов регіону та підтримують місцеве біорізноманіття.

Важливо формувати багоярусну структуру рослинності: трав'яний покрив, чагарниковий ярус і деревний ярус. Така структура є більш ефективною для затримання поверхневого стоку, фільтрації забруднювачів,

зменшення нагрівання води та створення середовищ існування для птахів, комах, дрібних ссавців і прибережних безхребетних.

Однією з причин деградації прибережної смуги є хаотичний доступ населення до води. На ділянках активного рекреаційного використання формуються стихійні стежки, витопані схили, оголені ділянки ґрунту та місця локального руйнування берегів. Для зменшення цього впливу необхідно впорядкувати доступ до річки.

Доцільно облаштувати визначені підходи до води, пішохідні доріжки, дерев'яні настили або екологічні стежки. Це дозволить спрямувати рух відвідувачів у спеціально визначені місця і зменшити навантаження на вразливі ділянки берегів. На ділянках, де відбувається інтенсивне руйнування рослинності, варто встановити природоохоронні огороження, інформаційні таблички або живі зелені бар'єри з чагарникових рослин.

Особливо важливо обмежити під'їзд автотранспорту до берегової лінії. Автомобілі спричиняють ущільнення ґрунту, руйнування трав'яного покриву, забруднення нафтопродуктами та створюють ризик потрапляння мийних засобів або технічних рідин у воду. Для цього слід передбачити фізичні обмежувачі руху, заборонні знаки та облаштовані місця паркування на безпечній відстані від річки.

Регулярне очищення прибережної захисної смуги від відходів є необхідною умовою покращення екологічного стану річки. Побутове сміття, пластик, скло, метал, будівельні залишки та автомобільні шини не лише погіршують естетичний вигляд території, а й можуть бути джерелом вторинного забруднення води.

Доцільно запровадити системний графік прибирання берегів, особливо у весняний період після паводків, у літній період активного відпочинку населення та після масових заходів. До таких робіт можна залучати комунальні служби, заклади освіти, громадські організації, екологічні ініціативи та мешканців прилеглих мікрорайонів.

У місцях активного рекреаційного використання необхідно встановити контейнери для роздільного збору відходів. Вони мають бути розміщені так, щоб не створювати ризику потрапляння сміття у воду під час паводків або сильного вітру. Особливу увагу слід приділити збору пластику, скла та великогабаритних відходів, які найчастіше накопичуються у прибережній зоні.

Берегова ерозія є однією з проблем, яка посилюється внаслідок урбанізації, витоптування рослинності та паводкового режиму річки. Для її зменшення необхідно застосовувати переважно природоорієнтовані методи берегоукріплення, які не руйнують екологічну функцію річкової долини.

До таких методів належать висадження рослин із розвиненою кореневою системою, використання біоінженерних конструкцій, фашин, геоматів, живих кілків верби, укріплення схилів природними матеріалами та залуження оголених ділянок ґрунту. На відміну від суцільного бетонування, такі заходи дозволяють стабілізувати береги, зберегти природний вигляд території та підтримати біорізноманіття.

На ділянках із сильним підмиванням берегів доцільно провести детальне обстеження руслових процесів і визначити, чи не пов'язана ерозія з локальними змінами течії, мостовими опорами, берегоукріпленнями або штучними перешкодами. У таких випадках заходи мають поєднувати гідротехнічний аналіз і природоорієнтоване відновлення берегової зони.

Контроль дотримання режиму прибережної захисної смуги

Охорона прибережної захисної смуги неможлива без дотримання встановленого водоохоронного режиму. У межах цієї території мають бути обмежені види діяльності, які можуть призводити до забруднення води, руйнування берегів або знищення рослинності. До таких небажаних дій належать складування сміття, миття автомобілів, самовільне будівництво, розорювання берегів, пошкодження зелених насаджень і несанкціонований під'їзд транспорту до води.

Необхідно провести інвентаризацію фактичного стану прибережної захисної смуги на досліджуваній ділянці. Вона має включати визначення меж смуги, виявлення порушених ділянок, фіксацію місць засмічення, незаконного використання або інженерного втручання. Результати такої інвентаризації доцільно оформити у вигляді картосхеми проблемних зон.

Важливим заходом є встановлення інформаційних знаків із зазначенням правил поведінки у прибережній зоні, заборони засмічення, миття транспорту, пошкодження рослинності та розведення вогнищ у невстановлених місцях. Такі знаки мають бути зрозумілими для населення і розміщуватися у місцях найбільшого відвідування.

Для зменшення впливу міського середовища на річку доцільно створювати буферні зелені зони між руслом і територіями активного використання. Такі зони можуть включати смуги деревно-чагарникової рослинності, лугові ділянки, біофільтраційні смуги, дощові сади та природні пониження, які затримують поверхневий стік.

Буферні зелені зони особливо важливі поблизу доріг, паркувальних майданчиків, пішохідних доріжок і рекреаційних об'єктів. Вони зменшують швидкість стоку, сприяють осадженню завислих частинок, поглинають частину біогенних речовин і знижують ризик потрапляння забруднень у річку.

У межах набережної такі зони можна поєднувати з рекреаційною інфраструктурою: екостежками, оглядовими майданчиками, лавками та інформаційними стендами. Головне, щоб рекреаційне використання не руйнувало природну функцію прибережної смуги, а було з нею узгоджене.

Довготривале збереження прибережної захисної смуги неможливе без участі місцевої громади. Значна частина проблем, зокрема засмічення, витоптування рослинності та неорганізована рекреація, пов'язана з поведінкою людей. Тому природоохоронні заходи мають супроводжуватися екологічною просвітою.

Доцільно проводити інформаційні кампанії про значення Бистриці Солотвинської для міста, роль прибережної рослинності, шкоду пластику,

небезпеку забруднення води та правила відповідального відпочинку. Такі кампанії можна організовувати за участю закладів освіти, громадських організацій, студентів, екологічних гуртків і місцевих мешканців.

Ефективними можуть бути щорічні акції з прибирання берегів, висадження дерев, створення екологічних маршрутів, встановлення інформаційних стендів і проведення відкритих екологічних занять на набережній. Залучення громади сприяє формуванню відповідального ставлення до річки та зменшує ризик повторного засмічення території.

Для оцінки ефективності запропонованих заходів необхідно проводити регулярний моніторинг стану прибережної захисної смуги. Він має включати маршрутні обстеження, фотофіксацію, оцінку засмічення, стану рослинності, наявності ерозійних процесів, зливових випусків і рекреаційного навантаження.

Моніторинг доцільно проводити не рідше двох-трьох разів на рік: навесні після паводкового періоду, влітку під час найбільшого рекреаційного навантаження та восени після завершення активного сезону відпочинку. Результати спостережень слід порівнювати з попередніми даними для визначення позитивної або негативної динаміки.

Для зручності оцінювання можна використовувати бальну шкалу, запроповану у підрозділі 3.3. Це дозволить кількісно порівнювати стан прибережної смуги в різні роки та визначати ефективність проведених природоохоронних заходів.

Узагальнення заходів з відновлення та охорони прибережної захисної смуги

Основні заходи з відновлення та охорони прибережної захисної смуги річки Бистриця Солотвинська узагальнено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 Заходи з відновлення та охорони прибережної захисної смуги річки Бистриця Солотвинська

Напрямок заходів	Зміст заходів	Очікуваний результат
Відновлення рослинності	Залуження оголених ділянок, висадження місцевих дерев і	Зменшення ерозії, посилення буферної

	кущів, формування багаторувної рослинності	функції, покращення біорізноманіття
Впорядкування доступу до води	Облаштування екостежок, настилів, визначених підходів, обмеження хаотичного руху	Зменшення витоптування, захист вразливих ділянок берегів
Очищення території	Регулярне прибирання, вивезення великогабаритних відходів, встановлення контейнерів для сміття	Зменшення засмічення, покращення санітарного та естетичного стану
Захист від ерозії	Біоінженерне укріплення берегів, висадження рослин із розвиненою кореневою системою, використання природних матеріалів	Стабілізація берегів, зменшення замулення та каламутності
Контроль водоохоронного режиму	Інвентаризація прибережної смуги, виявлення порушень, встановлення інформаційних знаків	Дотримання правил використання прибережної території
Створення буферних зон	Біофільтраційні смуги, дощові сади, зелені насадження між річкою і міською інфраструктурою	Затримання поверхневого стоку, зменшення надходження забруднювачів
Екологічна просвіта	Акції, лекції, інформаційні стенди, залучення громади до догляду за берегами	Формування відповідального ставлення населення до річки
Моніторинг	Регулярні обстеження, фотофіксація, бальна оцінка стану берегів	Оцінка ефективності заходів і своєчасне виявлення нових проблем

Отже, відновлення та охорона прибережної захисної смуги річки Бистриця Солотвинська повинні бути спрямовані на відновлення природної рослинності, зменшення засмічення, обмеження хаотичного рекреаційного навантаження, захист берегів від ерозії та контроль за дотриманням водоохоронного режиму. Найбільшої уваги потребують ділянки з високим і дуже високим рівнем антропогенного навантаження, зокрема центральна частина набережної. Реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити водоохоронну роль прибережної смуги, зменшити надходження

забруднювальних речовин у річку, покращити умови існування водних і прибережних організмів та зберегти рекреаційну цінність Бистриці Солотвинської для міської громади.

5.3. Рекомендації щодо екологічного моніторингу річки в умовах урбанізації

Екологічний моніторинг річки Бистриця Солотвинська в умовах урбанізації є необхідною умовою своєчасного виявлення змін якості води, оцінювання впливу міської інфраструктури та розроблення ефективних природоохоронних заходів. Оскільки річка проходить через територію м. Івано-Франківська і зазнає впливу житлової забудови, транспортної інфраструктури, рекреаційного навантаження, зливого стоку та порушення прибережної захисної смуги, моніторинг має бути комплексним, регулярним і орієнтованим не лише на лабораторне визначення якості води, а й на оцінювання стану прибережної території.

Основною метою моніторингу є отримання достовірної інформації про гідроекологічний стан річки, виявлення джерел забруднення, фіксація сезонних і просторових змін якості води, оцінювання ефективності природоохоронних заходів і попередження подальшої деградації річкової екосистеми.

Основні завдання екологічного моніторингу

До основних завдань екологічного моніторингу Бистриці Солотвинської в межах урбанізованої території належать:

- регулярне визначення фізико-хімічних показників якості води;
- контроль органічного та біогенного забруднення;
- виявлення впливу зливових і дренажних випусків;
- оцінювання стану прибережної захисної смуги;
- фіксація засмічення берегів і русла;
- спостереження за ерозійними процесами та змінами русла;

- контроль рекреаційного навантаження на берегову зону;
- виявлення аварійних або несанкціонованих скидів;
- оцінювання ефективності заходів із відновлення прибережної смуги;
- формування бази даних для подальшого управління станом річки.

Такий перелік завдань дозволяє розглядати моніторинг не лише як систему вимірювання окремих показників, а як інструмент управління річковою екосистемою в межах міського середовища.

Рекомендована мережа пунктів моніторингу

Для організації системного спостереження доцільно використовувати мережу з п'яти контрольних створів, запропоновану у методичній частині дослідження. Вона дозволяє простежити зміну якості води до входження річки в зону активного міського впливу, у межах набережної та нижче за течією після проходження урбанізованої ділянки.

Таблиця 5.3 - Рекомендована мережа пунктів екологічного моніторингу річки Бистриця Солотвинська

Точка моніторингу	Розташування	Функціональне призначення
T-1	Вище за течією від набережної, район Пасічнянського мосту	Фоновий контроль якості води до основної зони міського впливу
T-2	Початок набережної імені Василя Стефаника	Оцінка початкового впливу рекреаційної та міської інфраструктури
T-3	Центральна частина набережної	Контроль ділянки максимального рекреаційного й урбанізаційного навантаження
T-4	Нижня межа набережної	Оцінка сумарного впливу міської ділянки
T-5	Нижче за течією у напрямку с. Вовчинець	Оцінка стану води після проходження урбанізованої

		території та здатності річки до самоочищення
--	--	--

Окрім основних п'яти створів, доцільно передбачити додаткові тимчасові точки контролю біля зливових випусків, дренажних потічків, мостів, місць інтенсивного засмічення або ділянок, де візуально фіксуються ознаки забруднення: піна, запах, масляниста плівка, зміна кольору води чи локальна каламутність.

Моніторинг річки має проводитися регулярно, з урахуванням сезонної мінливості гідрологічного режиму та інтенсивності антропогенного навантаження. Для Бистриці Солотвинської доцільно здійснювати планові спостереження щонайменше чотири рази на рік:

1. навесні - у період підвищеної водності та сніготанення;
2. влітку - у період межені та максимального рекреаційного навантаження;
3. восени - у період дощового стоку й надходження органічних решток;
4. взимку - для оцінки впливу протижеледних реагентів і низьких температур на якість води.

Додаткові позапланові обстеження доцільно проводити після сильних дощів, паводків, аварій на мережах водовідведення, скарг населення на забруднення води або виявлення несанкціонованих скидів. Саме після інтенсивних опадів часто спостерігається короткочасне, але суттєве погіршення якості води внаслідок змиву забруднень із міської території.

Рекомендований перелік показників якості води

Для комплексної оцінки стану річки в умовах урбанізації необхідно визначати показники, які характеризують фізичні властивості води, кисневий режим, органічне забруднення, біогенне навантаження, сольовий склад і наявність специфічних забруднювачів міського походження.

Таблиця 5.4 - Рекомендований перелік показників для моніторингу якості води

Група показників	Показники	Екологічне значення
------------------	-----------	---------------------

Фізичні показники	Температура, колір, запах, прозорість, каламутність, завислі речовини	Характеризують загальний стан води, механічне забруднення та вплив поверхневого стоку
Кисневий режим	Розчинений кисень, БСК ₅ , ХСК	Дають змогу оцінити органічне забруднення та здатність річки до самоочищення
Біогенні речовини	Амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати	Вказують на надходження побутових стоків, органічних речовин і ризик евтрофікації
Сольовий склад	Мінералізація, електропровідність, хлориди, сульфати, жорсткість	Відображають вплив дренажних вод, дорожнього стоку та протижеледних реагентів
Специфічні забруднювачі	Нафтопродукти, важкі метали, мікропластик, поверхнево-активні речовини	Характеризують вплив транспорту, промислово-господарських об'єктів і міської інфраструктури
Санітарно-мікробіологічні показники	Загальне мікробне число, бактерії групи кишкової палички	Дають змогу оцінити санітарний стан води та ризик фекального забруднення

Найбільш важливими для регулярного контролю є температура води, рН, електропровідність, розчинений кисень, каламутність, завислі речовини, БСК₅, ХСК, амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати та хлориди. Визначення нафтопродуктів, важких металів і мікробіологічних показників доцільно проводити періодично або у випадках підозри на локальне забруднення.

Окрім аналізу якості води, обов'язковою складовою моніторингу має бути оцінювання стану прибережної захисної смуги. Як показали результати дослідження, саме трансформація берегової зони є одним із ключових чинників погіршення гідроекологічного стану річки.

Під час моніторингу прибережної території необхідно фіксувати:

- стан природної рослинності;
- ступінь засмічення берегів;
- наявність стихійних стежок і вищипаних ділянок;

- сліди рекреаційного використання;
- наявність ерозії та підмивання берегів;
- стан зливових і дренажних випусків;
- наявність будівельних, комунальних або транспортних об'єктів поблизу русла;
- випадки несанкціонованого складування відходів;
- ознаки порушення водоохоронного режиму.

Для кількісної оцінки доцільно використовувати бальну шкалу та індекс антропогенного навантаження, запропоновані у підрозділі 3.3. Це дозволить порівнювати стан різних ділянок між собою та відстежувати зміни у часі.

Важливим елементом моніторингу є регулярна фотофіксація стану річки та прибережної території. Для кожної точки моніторингу необхідно виконувати фотографії загального вигляду русла, лівого і правого берегів, місць засмічення, зливових випусків, ерозійних ділянок, зон рекреаційного навантаження та ділянок із порушеною рослинністю.

Фотофіксацію бажано проводити з однакових позицій під час кожного обстеження. Це дозволить порівнювати стан ділянок у різні сезони та виявляти позитивну або негативну динаміку. Фотоархів може бути використаний як доказова база під час планування природоохоронних заходів або звернення до відповідальних органів.

Доцільним є створення електронної картосхеми проблемних ділянок Бистриці Солотвинської. На ній слід позначити точки відбору проб, зливі випуски, місця засмічення, ділянки ерозії, зони рекреаційного навантаження, ділянки з порушеною рослинністю та місця можливого надходження забруднень. Така картосхема може стати основою для системного управління станом річки.

В умовах міста важливим доповненням до офіційного екологічного контролю може бути громадський моніторинг. До нього доцільно залучати студентів, учнів, громадські організації, екологічні ініціативи, мешканців прилеглих мікрорайонів і волонтерські групи. Громадський моніторинг не

замінює лабораторного контролю, однак дає змогу швидко виявляти проблеми, фіксувати засмічення, повідомляти про підозрілі скиди та формувати екологічну відповідальність мешканців.

У межах громадського моніторингу можна проводити:

- регулярні огляди прибережної смуги;
- фотофіксацію проблемних місць;
- прості вимірювання температури, рН, прозорості та електропровідності води;
- облік засмічення берегів;
- повідомлення відповідних служб про виявлені забруднення;
- участь у прибиранні берегів і висадженні рослин.

Залучення громадськості є особливо важливим для ділянок із високим рекреаційним навантаженням, оскільки саме поведінка населення значною мірою визначає стан прибережної території.

Моніторинг має бути не лише спостереженням, а й основою для оперативного реагування. У разі виявлення різкого погіршення якості води, появи запаху, піни, маслянистої плівки, загибелі риби, несанкціонованого скиду або значного засмічення необхідно передбачити чіткий алгоритм дій.

Наявність такої системи дозволить швидше реагувати на аварійні або локальні випадки забруднення та зменшити їх негативний вплив на річкову екосистему.

Основні рекомендації щодо екологічного моніторингу річки Бистриця Солотвинська в умовах урбанізації наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 Рекомендації щодо організації екологічного моніторингу річки Бистриця Солотвинська

Напрямок моніторингу	Рекомендовані дії	Очікуваний результат
Контроль якості води	Регулярне визначення фізико-хімічних, біогенних, кисневих і специфічних показників	Виявлення змін якості води та джерел забруднення

Контроль зливових випусків	Інвентаризація випусків, відбір проб після дощів, аналіз на БСК ₅ , ХСК, амоній, фосфати, нафтопродукти	Виявлення впливу урбанізованого поверхневого стоку
Моніторинг прибережної смуги	Бальна оцінка засмічення, рослинності, ерозії, рекреаційного навантаження	Визначення проблемних ділянок і динаміки їхнього стану
Фотофіксація	Регулярне фотографування створів і проблемних місць	Документування змін і доказова база для природоохоронних заходів
Картографування	Створення карти точок моніторингу, випусків, засмічення та ерозії	Просторовий аналіз екологічних проблем
Громадський моніторинг	Залучення студентів, волонтерів, громадських організацій і мешканців	Підвищення екологічної відповідальності та оперативне виявлення проблем
Аварійне реагування	Алгоритм повідомлення, відбору проб і усунення джерела забруднення	Швидке реагування на локальні або аварійні забруднення
Оцінка ефективності заходів	Порівняння стану річки до і після природоохоронних дій	Визначення результативності відновлювальних заходів

Отже, екологічний моніторинг Бистриці Солотвинської в умовах урбанізації має бути комплексним і включати контроль якості води, стану прибережної захисної смуги, зливових випусків, рекреаційного навантаження та джерел локального забруднення. Найбільш доцільним є поєднання лабораторних аналізів, польових спостережень, фотофіксації, картографування та громадського моніторингу. Такий підхід дозволить своєчасно виявляти негативні зміни, оцінювати ефективність природоохоронних заходів і забезпечити довготривале збереження гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі досліджено вплив урбанізації на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська в межах урбанізованої території м. Івано-Франківська. Проведене дослідження дало змогу оцінити основні чинники антропогенного навантаження на річкову екосистему, охарактеризувати стан водного середовища та прибережної зони, а також обґрунтувати напрями покращення екологічного стану річки.

У першому розділі проаналізовано теоретичні основи впливу урбанізації на гідроекологічний стан річок. Встановлено, що урбанізація є потужним чинником трансформації водних об'єктів, оскільки супроводжується зростанням площі водонепроникних поверхонь, збільшенням поверхневого стоку, надходженням забруднювальних речовин, порушенням природного водного режиму, деградацією прибережно-захисних смуг і зменшенням біорізноманіття. Особливо вразливими до таких змін є річки, що протікають у межах міст, оскільки вони постійно зазнають впливу житлової забудови, транспортної інфраструктури, рекреаційної діяльності та зливових стоків.

У другому розділі охарактеризовано басейн річки Бистриця Солотвинська та особливості району дослідження. Визначено, що річка має важливе природне, водогосподарське та рекреаційне значення для Івано-Франківської області. У верхній течії вона зберігає більш природний гірсько-передгірний характер, тоді як у межах міської території зазнає значно вищого антропогенного навантаження. Найбільш відчутний вплив урбанізації проявляється у зміні стану берегів, засміченні прибережної території, надходженні поверхневого стоку та порушенні природної рослинності.

У третьому розділі розглянуто методику оцінювання гідроекологічного стану річки. Для дослідження було обрано кілька точок спостереження, що дозволило порівняти стан різних ділянок річки в межах урбанізованого середовища. Оцінювання проводилося за комплексом показників, зокрема фізико-хімічними характеристиками води, кисневим режимом, вмістом

біогенних речовин, мінералізацією, наявністю завислих речовин, а також візуальними ознаками антропогенного впливу на прибережну територію.

У результаті аналізу встановлено, що за більшістю основних фізико-хімічних показників вода річки Бистриця Солотвинська загалом перебуває в межах допустимих або орієнтовно прийнятних значень. Показники рН, мінералізації, електропровідності та вмісту біогенних речовин не свідчать про критичне забруднення водного об'єкта. Водночас на окремих урбанізованих ділянках простежується погіршення окремих характеристик, зокрема підвищення вмісту завислих речовин, зростання біохімічного споживання кисню та зниження вмісту розчиненого кисню порівняно з менш навантаженими ділянками.

Найбільш проблемною ділянкою досліджуваної території визначено центральну частину річки, що відповідає створу Т-3. Саме тут поєднуються найбільше рекреаційне навантаження, засмічення берегів, порушення прибережної рослинності, вплив міської інфраструктури та потенційне надходження забрудненого поверхневого стоку. Підвищений рівень антропогенного навантаження також характерний для створів Т-2 і Т-4, що свідчить про поширення урбанізаційного впливу вздовж набережної. У створі Т-1 екологічні проблеми проявляються слабше, що пояснюється меншим рівнем міського впливу та кращим станом прибережної рослинності. У створі Т-5 спостерігається часткове зниження навантаження, проте залишкові ознаки засмічення та порушення прибережної смуги свідчать про збереження впливу урбанізованої території нижче за течією.

Основними екологічними проблемами річки Бистриця Солотвинська в межах досліджуваної ділянки є засмічення берегів і русла, порушення природної прибережної рослинності, рекреаційне навантаження, надходження забрудненого поверхневого стоку, вплив транспортної інфраструктури, локальна ерозія берегів і ризик органічного забруднення. Ці чинники діють комплексно, тому навіть за відсутності різких перевищень окремих показників

якості води вони можуть поступово знижувати екологічну стійкість річкової екосистеми.

Для покращення гідроекологічного стану річки Бистриця Солотвинська необхідно впроваджувати комплекс природоохоронних заходів. До першочергових напрямів слід віднести систематичний моніторинг якості води, контроль за зливовими та дренажними випусками, очищення прибережної території від побутових відходів, відновлення прибережно-захисної рослинності, обмеження неорганізованого рекреаційного навантаження, укріплення еродованих берегів природоорієнтованими методами та запобігання несанкціонованим скидам стічних вод.

Отже, результати дослідження підтверджують, що урбанізація істотно впливає на гідроекологічний стан річки Бистриця Солотвинська, насамперед через поверхневий стік, зміну стану прибережної зони, засмічення, рекреаційне навантаження та вплив міської інфраструктури. Для збереження річкової екосистеми необхідний комплексний підхід, який поєднує інженерні, екологічні, організаційні та просвітницькі заходи. Реалізація запропонованих рішень сприятиме зменшенню антропогенного навантаження, покращенню якості води, відновленню природних функцій прибережної смуги та підвищенню екологічної безпеки урбанізованої території.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арсан О. М., Давидов О. А., Дьяченко Т. М. та ін. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
2. Бистриця-Солотвинська. Енциклопедія Сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-41829>
3. Боярин М. В. Основи гідроекології: теорія й практика : навчальний посібник. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2016. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/11832/1/Hidroekolohiia.pdf>
4. Водна стратегія України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 09.12.2022 № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1134-2022-%D1%80>
5. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/213/95-%D0%B2%D1%80>
6. Води поверхневі. Енциклопедія Сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-27316>
7. Гідроекологія. Енциклопедія Сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-29494>
8. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / В. К. Хільчевський, О. М. Гончар, М. Р. Забокрицька та ін; за ред. В. К. Хільчевського, В. А. Сташука. Київ : Ніка-Центр, 2013. URL: <https://ev.vue.gov.ua/publications/vydannia-i-publikatsii-avtoriv-ta-partneriv-velykoi-ukrainskoi-entsyklopedii/hidrokhimichnyy-rezhym-ta-iakist-poverkhnevykh-vod-baseynu-dnistra-na-terytorii-ukrainy-khilchevskyy-v-k-honchar-o-m-zabokrytska-m-r-ta-in-za-red-v-k-khilchevskoho-v-a-stashuka-k-nika-tsentr/>
9. Державне агентство водних ресурсів України. Моніторинг поверхневих вод. URL: <https://davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1>

10. Державні санітарні норми та правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” ДСанПіН 2.2.4-171-10 : Наказ МОЗ України від 12.05.2010 № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10>
11. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 16 с.
12. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Методика. Київ : Мінекобезпеки України, 1994. 27 с.
13. Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. Київ : СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
14. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14>
15. Камзіст Ж. С., Шевченко О. Л. Гідроекологія України : навчальний посібник. Київ : ІНК ОС, 2009. 613 с.
16. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. Київ : Мінекоресурсів України, 2001. 48 с.
17. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Про затвердження Програми державного моніторингу вод на 2025 рік : Наказ від 2025 р. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/29n.pdf>
18. План управління річковим басейном Дністра на 2025–2030 роки. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/plany/plany-upravlinnya-richkovymy-basejnamy-2025-2030-roky/>
19. План розвитку моніторингу поверхневих вод України. EUWI+ for Eastern Partnership Countries, 2021. URL: https://www.euwipluseast.eu/images/2021/06/PDF/UA_SW_MonitoringDevelopmentPlan_final-UA.pdf

20. Порядок здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/758-2018-%D0%BF>
21. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : Постанова Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 № 465. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/465-99-%D0%BF>
22. Про водовідведення та очищення стічних вод : Закон України від 12.01.2023 № 2887-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2887-20>
23. Про затвердження планів управління річковими басейнами Вісли, Дністра та Південного Бугу на 2025–2030 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.11.2024 № 1078-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1078-2024-%D1%80>
24. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1264-12>
25. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2059-19>
26. Про питну воду та питне водопостачання : Закон України від 10.01.2002 № 2918-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2918-14>
27. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2354-19>
28. Програма охорони навколишнього природного середовища Івано-Франківської області на 2026–2030 роки. Івано-Франківська обласна рада. URL: <https://orada.if.ua/decision/1361-45-2025/>
29. Програма охорони навколишнього природного середовища Івано-Франківської міської територіальної громади. Івано-Франківська міська рада. URL: <https://business.ivanofrankivsk.ua/assets/upload/pdf/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0%2B%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BA.pdf>

30. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області за 2023 рік. Івано-Франківська обласна державна адміністрація. URL: https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/uploaded-files/%D0%94%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%92%D0%86%D0%94%D0%AC_2023.pdf
31. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області. Івано-Франківська обласна державна адміністрація. URL: <https://www.if.gov.ua/dovkillya/regionalni-dopovidi-pro-stand-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-ivano-frankivskij-oblasti>
32. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підручник. Київ : Обереги, 2001. 728 с. URL: https://www.nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_7.pdf
33. Хільчевський В. К. Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014–2021 рр.). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 3(61). С. 6–19. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.3.1>
34. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Гідрологія та гідрохімія : навчальний посібник. Київ : ДІА, 2025. 352 с. URL: https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2025/06/hilchevskyj-vk_grebin-vv_gidrologiya-ta-gidrohimiya_2025.pdf
35. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод : навчальний посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 75 с.
36. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
37. Шара С. Проблеми моніторингу поверхневих вод України. Water Use. 2024. URL: <https://wateruse.org.ua/article/download/316403/308082>
38. Anim D. O., Fletcher T. D., Vietz G. J., Pasternack G. B., Burns M. J. Urbanization and stream ecosystems: the role of flow hydraulics towards an

- improved understanding in addressing urban stream degradation. *Environmental Reviews*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1139/er-2020-0063>
39. Bhaskar A. S., Beesley L., Burns M. J., Fletcher T. D., Hamel P., Oldham C. E., Roy A. H. Will it rise or will it fall? Managing the complex effects of urbanization on base flow. *Freshwater Science*. 2016. Vol. 35, № 1. P. 293–310.
40. Boogaard F. Europe's state of water 2024: the need for improved water resilience. European Environment Agency, 2024. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-state-of-water-2024>
41. Brabec E., Schulte S., Richards P. L. Impervious surfaces and water quality: a review of current literature and its implications for watershed planning. *Journal of Planning Literature*. 2002. Vol. 16, № 4. P. 499–514. DOI: <https://doi.org/10.1177/088541202400903563>
42. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. *Official Journal of the European Communities*. 1991. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A31991L0271>
43. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng>
44. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks. *Official Journal of the European Union*. 2007. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj/eng>
45. England J., Angelopoulos N., Cooksley S., Dodd J., Gill A., Gilvear D., Johnson M., Naura M., O'Hare M., Tree A., Wheeldon J., Wilkes M. A. Best practices for monitoring and assessing the ecological response to river restoration. *Water*. 2021. Vol. 13, № 23. Article 3352. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13233352>
46. Jacobson C. R. Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: a review. *Journal of Environmental Management*. 2011. Vol. 92, № 6. P. 1438–1448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.01.018>

47. Kim H., Jeong H., Jeon J., Bae S. The impact of impervious surface on water quality and its threshold in Korea. *Water*. 2016. Vol. 8, № 4. Article 111. DOI: <https://doi.org/10.3390/w8040111>
48. McGrane S. J. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal*. 2016. Vol. 61, № 13. P. 2295–2311. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>
49. Paul M. J., Meyer J. L. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 2001. Vol. 32. P. 333–365. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
50. Walsh C. J., Roy A. H., Feminella J. W., Cottingham P. D., Groffman P. M., Morgan R. P. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*. 2005. Vol. 24, № 3. P. 706–723. DOI: <https://doi.org/10.1899/04-028.1>