

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В.Ф. Фролов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»  
ОПП «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Оцінка динаміки перерозподілу забруднюючих речовин у  
гідроекосистемах»**

Виконавець: студентка групи ЕК 201М Гогунська Єлизавета Андріївна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: д.т.н., професор кафедри екології Маджд Світлана Михайлівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці» \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кажан К.І.

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Явнюк А. А.  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): спеціальність 101 «Екологія», ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Фролов В.Ф.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Гогунської Єлизавети Андріївни

1. Тема роботи : «Оцінка динаміки перерозподілу забруднюючих речовин у гідроекосистемах»

затверджена наказом ректора від «11» жовтня 2019 р. №2364/ст.

2. Термін виконання роботи: з 14.10.2019 р. по 03.02.2020 р.

3. Вихідні дані роботи: картографічні матеріали, дані моніторингових спостережень.

4. Зміст пояснювальної записки: Основна характеристика басейну річок Дніпро та Південний Буг, а також основних їх приток. Методологічні основи дослідження стану басейнів річок з інтенсивним антропогенним навантаженням. Визначення антропогенного впливу урбанізованих екосистем на ріки басейну р. Дніпро та р. Південний Буг.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

## 6. Календарний план-графік

| № з/п | Завдання   | Термін виконання | Підпис керівника |
|-------|--|------------------|------------------|
| 1     | Літературний пошук за обраною темою                                      | 14.10-18.10      |                  |
| 2     | Аналіз картографічних матеріалів   | 21.10- 23.10     |                  |
| 3     | Аналіз найпоширеніших забрудників  | 24.10-29.10      |                  |
| 4     | Підготовка Розділу 1   | 30.10- 08.11     |                  |
| 5     | Вивчення особливостей досліджуваних водних об'єктів                      | 11.11-14.11      |                  |
| 6     | Аналіз методів дослідження водойм  | 15.11-19.11      |                  |
| 7     | Підготовка Розділу 2   | 20.11-29.11      |                  |
| 8     | Аналіз даних забруднення річок   | 02.12-06.12      |                  |
| 9     | Формування графіків динаміки вмісту забруднюючих речовин                 | 09.12-13.12      |                  |
| 10    | Підготовка Розділу 3   | 16.12-20.12      |                  |
| 11    | Моделювання динаміки надходження забруднюючих речовин                    | 23.12-27.12      |                  |
| 12    | Створення моделі перерозподілу забруднюючих речовин у водному середовищі | 30.12-10.01      |                  |
| 13    | Підготовка Розділу 4   | 13.01-17.01      |                  |
| 14    | Формування висновків   | 20.01- 24.01     |                  |
| 15    | Редагування дипломної роботи згідно вимог                                | 27.01- 28.01     |                  |
| 16    | Оформлення презентації та доповіді                                       | 29.01- 31.01     |                  |
| 17    | Захист дипломної роботи  | 03.02            |                  |

## 7. Консультація з окремого(мих) підрозділу(ів):

| Розділ        | Консультант<br>(посада, П.І.Б.)   | Дата, підпис      |                     |
|---------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
|               |                                   | Завдання<br>видав | Завдання<br>прийняв |
| Охорона праці | Доцент кафедри БЖД,<br>Кажан К.І. |                   |                     |

8. Дата видачі завдання: «14» жовтня 2019р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_ Маджд С.М.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Гогунська Є.А.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Оцінка динаміки перерозподілу забруднюючих речовин у гідроекосистемах»: 93 с., 33 рис., 9 табл., 62 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: оцінка стану басейнів річок на урбанізованих територіях.

Мета роботи: оцінити стан річок басейну р. Дніпро та р. Південний Буг в містах та поза їх межами, проаналізувати вплив на них антропогенних факторів.

Методи дослідження: хімічні та фізико-хімічні методи аналізу якості вод, системний аналіз стану гідроекосистем, методи статистичної обробки даних, моделювання для оцінки кількісних та якісних характеристик структурно-функціональних змін у внутрішніх процесах водних екосистем.

ГІДРОЕКОСИСТЕМА, ДИНАМІКА, СКИДИ, АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 8  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ.....   | 10 |
| 1.1. Оцінка сучасного стану антропогенних перетворень водних екосистем України.....                   | 11 |
| 1.2. Критерії оцінювання рівня антропогенних перетворень гідро екосистем.....                         | 15 |
| 1.3. Основні антропогенні забрудники поверхневих вод .....  | 19 |
| 1.4. Висновки до розділу.....   | 23 |
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ АНТРОПОГЕННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....                           | 25 |
| 2.1. Характеристика об'єктів дослідження.....   | 27 |
| 2.2. Методи досліджень.....   | 36 |
| 2.2.1 Методики та підходи до досліджень техногенно заангажованих гідроекосистем.....                  | 37 |
| 2.2.2. Методи відбору проб та підготовки їх до дослідження.....                                       | 41 |
| 2.3. Висновки до розділу.....   | 43 |
| РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СИСТЕМИ «МАЛА – СЕРЕДНЯ – ВЕЛИКА» РІЧКИ..... | 44 |
| 3.1. Аналіз рівня перетворень в гідроекосистемі басейну річки Дніпро.....                             | 45 |
| 3.2. Аналіз рівня перетворень в гідроекосистемі басейну річки Південний Буг....                       | 51 |
| 3.3. Висновки до розділу.....   | 57 |
| РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ПЕРЕРОЗПІДІЛУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ.....              | 59 |
| 4.1. Зміни концентрацій забруднюючих речовин гідроекосистем у часі.....                               | 59 |
| 4.2 Перерозподіл забруднюючих речовин у просторі гідроекосистеми .....                                | 62 |
| 4.3. Рекомендації для покращення стану водних об'єктів .....  | 70 |

|   |    |
|---|----|
| 4.4. Висновки до розділу.....                                 | 74 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                  | 75 |
| 5.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів..... | 75 |
| 5.2. Пожежна безпека.....                                     | 78 |
| 5.3. Висновки до розділу.....                                 | 83 |
| ВИСНОВКИ.....   | 84 |
| СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....      | 87 |

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

НПС – навколишнє природне середовище;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ГДС – гранично допустимі скиди;

ГС – гідроекосистема;

ЗР – забруднюючі речовини.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Проблема прискорення техногенезу, стрімка урбанізація територій та, як наслідок забрудненість річок на сьогодні актуальна в Україні та світі. Дослідженню річкових басейнів у комплексі з притоками (середніми та малими річками) не приділяється достатньо уваги, проте, доведено, що вони в першу чергу визначають стан річки. Так, річки Дніпро та Південний Буг є найбільшими річками України та мають численні притоки в межах міст Києва та Вінниці, а також в їх областях, а тому проблема надмірного антропогенного навантаження на річки та їх притоки потребує дослідження та пошуку шляхів вирішення. Гідрологічну характеристику річки Дніпро та її приток у своїх працях висвітлював В.І.Вишневський; біорізноманіття Південного Бугу вивчав О.П.Білоус, оцінювання стану водних об'єктів м.Київ досліджував С.А. Шевчук; розробкою методики дослідження екологічного стану басейнів малих річок займалися С.В. Совгіра, Г.Є. Гончаренко, В.Г. Гончаренко, В.С. Берчак, М.М. Ладика; Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу оцінювали В. К. Хільчевський, О. В. Чунар'ов, М. І. Ромась; екологічну оцінку антропогенно-змінених систем здійснювали С.М. Маджд, Я.І. Писанко, А.А. Явнюк.

**Мета і завдання виконання дипломної роботи.**

**Мета роботи** – проаналізувати вплив антропогенних факторів та оцінити стан річок басейну р. Дніпро та р. Південний Буг в межах міст Києва, Вінниці та їх областей.

**Завдання:**

- 1) Проаналізувати основні притоки р. Дніпро та р. Південний Буг, а також малі та середні річки їх басейну;
- 2) Описати методологічні основи проведення дослідження стану річок зі значним антропогенним навантаженням;
- 3) Визначити вплив урбанізованих територій на стан басейнів річок в міст Києва і Вінниці, та поза їх межами .



**Об'єкт дослідження** – антропогенний вплив на стан басейнів річок урбанізованих територій.

**Предмет дослідження** – оцінка басейну р. Дніпро та р. Південний Буг в межах міст Києва, Вінниці та їх областей.

**Методи дослідження** – застосовувались хімічні та фізико-хімічні методи аналізу якості вод, системний аналіз стану гідроекосистем, методи статистичної обробки даних, моделювання для оцінки кількісних та якісних характеристик структурно-функціональних змін у внутрішніх процесах водних екосистем.

**Наукова новизна** полягає у дослідженні антропогенного забруднення поверхневих вод у системі «мала – середня – велика» річки, створенні нових методологічних засад для комплексного оцінювання забруднень водою шляхом створення моделі перерозподілу забруднюючих речовин у гідроекосистемах.

**Практичне значення.** Результати дипломної роботи можуть бути адаптовані для басейнів усіх річок та використовуватись під час розроблення проектів Плану управління річковими басейнами.

**Особистий внесок випускника:** було проаналізовано, систематизовано та порівняно дані характеристик річок басейну Дніпра та Південного Бугу на території України. Викладено основні методики оцінки якості поверхневих вод. Досліджено показники забруднення поверхневих вод приток (середніх та малих річок) Дніпра та Південного Бугу. Порівняно проби води річок урбанізованих територій та гідростворів, віддалених від міста. Створено модель динаміки перерозподілу забруднюючих речовин у гідроекосистемах, на основі річки Ірпінь. Представлено шляхи покращення стану малих річок, їх очищення та мінімізації антропогенного навантаження.

**Апробація отриманих результатів:** Результати дипломної роботи доповідалися на Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Інноваційні технології».

**Публікації:** стаття у науковому фаховому віданні «Proceedings of the National Aviation University» («Вісник Національного авіаційного університету»).

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

Проблема раціонального використання природних ресурсів і збереження природного середовища, обґрунтування теорії і практики ведення господарства в докорінно змінених природних екосистемах, а також управління водними ресурсами знайшли відображення в багатьох наукових працях таких вітчизняних і зарубіжних дослідників, як: Г.В. Черевко, Ю. Бойчук, В. Боков, О. Бугай, А. Васильєв, Г. Васюкова, О. Веклич, В. Вовк, О. Фурдичко, О. Дребот, В. Голян, М. Гузеєв, С. Дорогунцов та ін. Аналіз сучасних досліджень дає підстави дійти висновку, що найсуттєвішими перешкодами для реалізації існуючого законодавства є низький рівень фінансування природоохоронних програм, недостатність наукових досліджень у цій сфері, а також незадовільний рівень наукових розробок, нехтування вітчизняним і зарубіжним передовим досвідом [1].

Основні джерела питного водопостачання на території України - стоки річок Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю з притоками, а також малих річок північного узбережжя Чорного та Азовського морів.

Причиною деградації гідроекосистем та зниження їх продуктивності є стрімке погіршення якості водойм, що призводить до використання населенням непридатної для споживання води.

Сумарна величина стоків річок України в середній за водністю рік становить 87,1 млрд. м<sup>3</sup>, знижуючись у маловодний рік до 55,9 млрд. м<sup>3</sup>. Безпосередньо на території країни формується відповідно 52,4 і 29,7 млрд. м<sup>3</sup> води, решта надходить з суміжних територій.

Ресурси підземних вод питної якості території України мають нерівномірний розподіл і становлять 22,5 млрд. м<sup>3</sup> на рік (61,7 млн. м<sup>3</sup> на добу), з яких 8,9 млрд. м<sup>3</sup> (24,4 млн. м<sup>3</sup> на добу) гідравлічно не зв'язані з поверхневим стоком і становлять додаткову складову до поверхневого стоку.

## 1.1. Оцінка сучасного стану антропогенних перетворень водних екосистем України

Забезпечення населення України водою в повному обсязі ускладнюється незадовільною якістю вод водних об'єктів. Якість води більшості з них за станом хімічного і бактеріального забруднення класифікується як забруднена і брудна (IV – V клас якості).

Для екосистем більшості водних об'єктів України властиві елементи екологічного та метаболічного регресу. Клас якості V – дуже брудна, зафіксовано в басейнах річок Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоках Дністра, Південного Бугу,

До основних забруднюючих речовин належать [2]:

- нафтопродукти,
- феноли,
- азот амонійний та нітритний,
- важкі метали тощо.

Для переважної більшості підприємств промисловості та комунального господарства скид забруднюючих речовин значно перевищує встановлений рівень гранично допустимого скиду ( ГДС ). Це призводить до забруднення водних об'єктів та порушення норм їх якості.

Основними причинами забруднення поверхневих вод України є [2]:

- скид неочищених та не достатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод, безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації;
- надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з урбанізованих територій та сільгоспугідь;
- ерозія ґрунтів на водозабірній площі.

Якісний стан підземних вод внаслідок господарської діяльності також постійно погіршується. Однією з причин є існування на території України близько 3

тис. накопичувачів стічних вод, а також широке використання мінеральних добрив та пестицидів у агропромисловому комплексі [3].

Проблема постійного погіршення стану водних об'єктів є актуальною для всіх водних басейнів України. Зокрема, водні ресурси Дніпра становлять близько 80 % водних ресурсів України, забезпечують водою 32 млн. населення та 2/3 господарського потенціалу країни. Відповідно, вирішення цього питання є одним з найважливіших завдань економічного і соціального розвитку та природоохоронної політики держави [4].

Стрімке погіршення стану вод басейну р. Дніпро зумовлено складною екологічною ситуацією на його території, оскільки 60 % розорано, на 35 % земля сильно еродована, на 80 % - трансформовано первинний природний ландшафт. Водосховища на Дніпрі стали акумуляторами забруднюючих речовин.

Значної шкоди завдано північній частині басейну внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; в критичному стані перебувають малі річки басейну, значна частина яких втратила природну здатність до самоочищення. Надмірно забруднені також річки Південного Бугу, де щорічно має місце ускладнення санітарно-епідеміологічної ситуації, знижується вилов риби, та зменшується біорізноманіття.

Значної шкоди екосистемі Дніпра, на ряду із щорічним забрудненням басейну органічними речовинами (40 тис. тонн), нафтопродуктами (745 тонн), хлоридами, сульфатами (по 400 тис. тонн), солями важких металів (65 - 70 тонн), завдає забруднення біогенними речовинами внаслідок використання застарілих технологій сільськогосподарського виробництва та низької ефективності очисних споруд.

Екологічне оздоровлення басейну великих річок Дніпра та Південного Бугу є одним з найважливіших пріоритетів державної політики у галузі охорони та відтворення водних ресурсів [5].

Системний аналіз сучасного екологічного стану басейнів річок України та організація управління охороною і використанням водних ресурсів дали змогу окреслити коло найбільш актуальних проблем, які потребують розв'язання, а саме [6] :

- надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти, внаслідок екстенсивного ведення водного господарства призвело до кризового зменшення самоочисних можливостей річок та виснаження водо-ресурсного потенціалу;
- тенденція до значного забруднення водних об'єктів внаслідок неупорядкованого відведення стічних вод від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь, яка є вже усталеною протягом останніх п'яти років;
- широкомасштабне радіаційне забруднення басейнів багатьох річок внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС;
- погіршення якості питної води внаслідок незадовільного стану джерел питного водопостачання;
- недосконалість економічного механізму водокористування та реалізації водоохоронних заходів;
- низька ефективність існуючої системи управління охороною та використанням водних ресурсів внаслідок недосконалості нормативно-правової бази і організаційної структури управління;
- відсутність автоматизованої постійно діючої системи моніторингу екологічного стану водних басейнів акваторії Чорного та Азовського морів, якості питної води і стічних вод у системах водопостачання і водовідведення населених пунктів і господарських об'єктів.

Річки є складними динамічними системами, що знаходяться в тісному зв'язку з навколишнім середовищем і отримують з нього переважну кількість хімічних сполук. Джерелами їх надходження є породи, ґрунти та ґрунтові води, а також техногенні чинники. Концентрація кожного елемента у воді визначається його хімічними властивостями, розчинністю сполук, здатністю утворювати комплексні сполуки та колоїдні розчини [7].

Вміст хімічних елементів у природних водах та інтенсивність їх міграції залежать від фізико-географічних умов на водозбірних площах. До них належать [7]:

- температурний режим;

- кількість опадів;
- характер їх розподілу;
- геологічні умови;
- літологічний склад ґрунтоутворюючих порід;
- водопроникність ґрунтів;
- ґрунтово-рослинні умови;
- склад ґрунтів.

До кризового зменшення самовідтворюючих можливостей малих річок, виснаження їх водно-ресурсного потенціалу та зміни гідрохімічного режиму, призвело надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти [8]. Підвищився рівень їх забруднення різними за своєю природою та концентрацією поліюгантами, у тому числі й іонами важких металів [9]. Саме важкі метали, через їх високу токсичність і здатність при невисоких концентраціях чинити мутагенний та канцерогенний вплив на живі організми, є найбільш небезпечними компонентами вод малих річок [7].

Такі мікроелементи, як мідь, марганець, цинк і кобальт є компонентами водних систем, міграційна здатність яких значною мірою залежить від вмісту елементів у ґрунтоутворюючих породах зон та клімату. Вміст важких металів у річках також залежить від шляхів їх потрапляння, а також змінюється в залежності від сезону, впродовж року [10].

Суттєво впливає на концентрацію металів у воді рівень концентрації водневих іонів (рН), наявність зависів, органічних сполук, швидкість розвитку рослин та фітопланктону, швидкість течії, стічні води промислових підприємств та комунальних господарств, поверхневий стік територій населених пунктів, промислових об'єктів, транспортних шляхів і сільськогосподарських угідь та ін [9].

Природні поверхневі води містять у своєму складі домішки у твердому й розчиненому стані. Високі концентрації завислих твердих частинок у річковій воді, залежно від розміру, можуть бути вагомим чинником перенесення речовин у завислому стані, а також спричинювати седиментацію, за умови уповільнення течії,

накопичення та збільшення концентрацій хімічних сполук у донних відкладах. Негативно впливає на розвиток водних організмів висока каламутність води, оскільки призводить до зниження її прозорості.

Завислі тверді частинки адсорбують на своїй поверхні надмірну кількість органічних і неорганічних забруднювальних речовин, за рахунок цього відбувається їхнє транспортування в річкових системах. Водночас, за умови уповільнення течії річок, саме завдяки адсорбції металів на грубодисперсних зависях, їхня міграційна здатність знижується, оскільки відбувається ще й седиментація металів разом із завислими речовинами. Це можна розглядати з двох сторін: як процес самоочищення водного середовища і, водночас, накопичення металів у донних відкладах. Інформацію про довгострокове забруднення річки надають результати дослідження донних відкладів. За відсутності антропогенних впливів мікроелементи в донних відкладах пов'язані, в основному, з силікатами і мінералами і, отже, мають обмежену рухливість.

Хімічні елементи, що надходять до поверхневих водних об'єктів в результаті антропогенної діяльності, характеризуються більшою рухливістю і пов'язані з іншими фракціями осадових порід, такими як карбонати, оксиди, гідроксиди та сульфідні. Інтенсивність надходження металів у води з донних відкладів залежить від їхньої фізичної структури і хімічної природи, оскільки визначають силу (міцність) зв'язування хімічних елементів. Перенесення забруднювальних речовин в гідросфері відбувається через фізико-хімічні процеси у воді і донних відкладах [11].

## **1.2. Критерії оцінювання рівня антропогенних перетворень гідроекосистем**

Система екологічних нормативів для водних об'єктів включає: нормативи екологічної безпеки (гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, гранично допустимі викиди (ГДВ) та скиди (ГДС) у водне середовище забруднювальних хімічних речовин, рівні шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів. Ці нормативи є офіційно затвердженими та діють для усіх

водних об'єктів території України, винятки становлять курортні, лікувально-оздоровчі, рекреаційні та інші окремі райони, для них можуть встановлюватися більш жорсткі нормативи гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин та інших шкідливих впливів на навколишнє середовище.

Для оцінки можливостей використання води з водних об'єктів для потреб населення та галузей економіки встановлені такі нормативи екологічної безпеки водокористування [12]:

- загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів;
- гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (санітарно-гігієнічні нормативи);
- ГДК речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для потреб рибного господарства (рибогосподарські нормативи).

Загальні вимоги до складу та властивостей води водних об'єктів (табл. 1.1) містять санітарно-гігієнічні та рибогосподарські нормативи фізичних, узагальнених хімічних та бактеріологічних показників.

Таблиця 1.1

### Загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів

| Показники складу і властивостей води водного об'єкту | Види водокористування  |  |   |                  |
|--|--|--|---|------------------|
|  | Господарсько-питне водопостачання  | Рекреація та водні об'єкти в межах населених пунктів | Рибогосподарські                        |                  |
|  |  |  | вищої та першої категорії               | другої категорії |
| 1  | 2  | 3  | 4                                       | 5                |
| <b>Завислі речовини</b>                              | При скиді зворотних вод концентрація завислих речовин у контрольному створі не повинна збільшуватись на: |  |   |                  |
|  | 0,25 мг/л  | 0,75 мг/л  | 0,25 мг/л                               | 0,75 мг/л        |
| <b>Плаваючі домішки</b>                              | На поверхні не повинні виявлятися плівки нафтопродуктів, жирів, мастил та скупчення інших домішок        |  |   |                  |
| <b>Кольоровість</b>                                  | Не повинна виявлятися у стовпчику води:  |  | Вода не повинна набувати іншого кольору |                  |



Закінчення таблиці 1.1

| 1                                  | 2  | 3             | 4   | 5 |
|------------------------------------|--|---------------|---|---|
|                                    | 20 см  | 10 см         |   |   |
| <b>Запахи, присмаки</b>            | Вода не повинна набувати запахів інтенсивністю більше 1 бала, що виявляються               |               | Вода не повинна набувати запахів та присмаків, непритаманних м'ясу риби |   |
|                                    | безпосередньо при хлоруванні або інших засобах обробки                                     | безпосередньо |   |   |
| <b>Температура</b>                 | Внаслідок скиду підігрітих вод температура води у водному об'єкті не повинна підвищуватися |               |   |   |
|                                    | влітку більш ніж на 3 °С у порівнянні з середньомісячною температурою води                 |               | влітку більш ніж до 28 °С і до 8 °С взимку                              |   |
| <b>Водневий показник рН</b>        | Не повинен виходити за межі 6,5 - 8,5  |               |   |   |
| <b>Мінералізація</b>               | Не повинна перевищувати 1000 мг/л  |               | Не нормується   |   |
| <b>Біохімічне споживання кисню</b> | При температурі 20 °С не повинне перевищувати  |               |   |   |
|                                    | 3 мг/л   | 6 мг/л        | 3 мг/л  |   |

Нормативи прийнятого для певних видів водокористування вмісту розчинених у воді водних об'єктів хімічних речовин визначаються переліками гранично допустимих концентрацій. Нормативи ГДК та інші нормативи екологічної безпеки розробляються і затверджуються [12]:

- для водних об'єктів, вода яких використовується для питних, господарсько-побутових та інших потреб населення – установами та організаціями Міністерства охорони здоров'я;
- для водних об'єктів, вода яких використовується для рибогосподарських потреб – установами та органами рибного господарства.

Перелік санітарно-гігієнічних ГДК налічує понад 2000 речовин, рибогосподарських – понад 1500 речовин [12].

З огляду на численні забруднення водних об'єктів та непереривний характер дії на них урбанізованих територій, проблема забруднення річкових басейнів з кожним роком набуває першочергового характеру.

Аналіз стану басейнів більшості річок та їх приток – середніх та малих річок, навіть поза межами великих міст свідчить, що більшість з них замулені, виснажені, на значній довжині заросли чагарниково-болотною рослинністю.

Перетворення басейнів середніх та малих річок у стабільні ландшафти з дотриманням екологічних нормативів, як це передбачено Водним кодексом України та Водної Рамковою Директивою Європейського Союзу, відновлення їх рекреаційної функції є метою програм розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення річок в усіх областях України.

Нормування скидів забруднювальних речовин у навколишнє середовище виконується шляхом встановлення гранично допустимих скидів речовин із стічними водами у водні об'єкти з метою забезпечення норм якості води у контрольованому пункті.

ГДС — це маса речовин у зворотніх водах, максимально допустима для відведення з установленим режимом у даному пункті водного об'єкта за одиницю часу. Враховуючи показники ГДК в місцях водоспоживання, асиміляційних властивостей водного об'єкта і оптимального розподілу маси речовин, що скидаються, між водокористувачами, які скидають стічні води, встановлюють норми ГДС [13].

Нормування гранично допустимих скидів розроблено з метою поетапного досягнення тобто науково обґрунтованих значень концентрації забруднюючих речовин та показників якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні) і санітарно-гігієнічних норм, для забезпечення життєдіяльності людини та стабільності функціонування водних екосистем у місцях розташування джерел водопостачання та водокористування.

Проекти нормативів ГДС розробляють з урахуванням [14]:

- норми якості води в контрольних створах водних об'єктів;
- фонові якості води водного об'єкта;
- умов скиду зворотних (стічних, скидних, дренажних) вод;
- асимілюючу спроможність водного об'єкта;
- тимчасово погоджені скиди (ТПС) речовин;

- гранично допустимий рівень токсичності зворотної води та ін.

Сукупність встановлених на певний період та перспективу характеристик витрат, складу та властивостей зворотніх вод формують умови скиду зворотніх вод, серед них [15]:

- категорія зворотніх вод (промислові, комунальні і т.п.);
- фактична витрата зворотніх вод;
- фактичні концентрації речовин;
- встановлені властивості зворотніх вод (температура, запах, присмак і т.д.);
- режим скиду (протягом доби або місяця, або сезонів, або року).

Гарантія дотримання норм якості води у контрольних створах є умовою для визначення ГДС речовин.

Оскільки таких речовин як мідь, алюміній, селен, фтор, завислі речовини нормуються прирощення до природного фону, ГДС мають бути встановленими з урахуванням цього фактору.

Основними категоріями зворотніх вод, для яких встановлюються величини ГДС речовин, є [15]:

- а) стічні: господарсько-побутові, промислові (включно з виробничими, теплообмінними, шахтними, кар'єрними та ін.), виробничо-побутові (в населених пунктах міські), з рибогосподарських ставків, від тваринництва;
- б) дренажні води;
- в) скидні води.

### **1.3. Основні антропогенні забрудники поверхневих вод**

Зміна стану навколишнього природного середовища стає все важливішою при розв'язанні проблем забезпечення екобалансованого розвитку природних систем всіх ієрархічних рівнів. Водночас, слід зазначити, що серед складових біосфери найбільшого техногенного впливу зазнають водні ресурси, від малих річок до

великих річок та їх басейнів. Так, в Україні практично всі річки кількісно та якісно виснажені. У басейновому розрізі найбільша кількість недостатньо очищених стічних вод надходить до поверхневих вод урбанізованих територій [16].

При постійному використанні води, у якій зафіксовано порушення норм вмісту шкідливих речовин, стрімко зростає захворюваність населення. Серед найбільш поширених у водах урбанізованих територій є кислоти, мінеральні солі різного складу, луки, метали тощо. Але значно впливає на стан гідроекосистем і сільське господарство через вплив на них мінеральних та органічних добрив, а також отрутохімікатів, які застосовують для боротьби зі шкідниками. Оскільки, із розвитком промисловості кількість стічних вод постійно збільшується, при їх зливанні концентрація шкідливих домішок перевищує гранично допустиму, що призводить також до загибелі в водоймах живих організмів [17]. Найнебезпечнішими є стічні води хімічної промисловості, що містять цинк, свинець, ртутні сполуки, хром, фтор, метанол. Внаслідок процесів самоочищення значна їх частина осідає поблизу джерела забруднення.

Важкі метали одні з поширених та найнебезпечніших забруднювачів водних об'єктів, оскільки поширені у використанні підприємствами багатьох галузей промисловості. Значна кількість важких металів надходить до водойм підземних водоносних горизонтів зі стічними водами, а також через надлишок у ґрунтах.

Надмірний вміст важких металів у водах є небезпечним не тільки через безпосередній вплив на організм, а й через активне їх поглинання фітопланктоном на накопичення при переході по харчовому ланцюгу.

Виділяють дві групи важких металів, різних за своєю екологічною значущістю [18]:

1. елементи, гранично допустимі концентрації яких близькі до їх фонових значень у природних водах (залізо, марганець, стронцій);
2. метали, ГДК яких значно перевищують реальні природні фонові значення (мідь, свинець, цинк).

Токсичність водного середовища, яке забруднене важкими металами визначається, на сам перед їх фізико-хімічним складом. Найбільш токсичними є

вільні гідратовані іони металів, деякі неорганічні комплекси (в тому числі гідрокомплекси і металоорганічні сполуки). Детоксикація металів відбувається у разі їх групування у комплекси з природними розчиненими органічними речовинами. Це є своєрідним захисним механізмом гідроекосистем, що дає їм змогу відновлюватися у випадку природних катаклізм, які супроводжуються викидом у гідросферу важких металів [18].

Забруднення радіонуклідами та іонами важких металів водного середовища призводить до змін гідрохімічного статусу гідротопів, що викликає різкі зміни умов існування гідробіонтів і негативно відбивається на загальному стані їх угруповань.

Особливості розподілу та міграції свинцю обумовлені інтенсивністю осадження та комплексоутворення, його використовують у виробництві лакофарбових виробів, акумуляторів, хімічних препаратів тощо. Крім того, з автомобільними викидами у гідроекосистему потрапляє значна кількість свинцю. Відповідно, у міській зоні концентрація іонів свинцю у поверхневих водах може бути більшою в 4 рази, порівняно з водоймами поза містом. Це пов'язано з розташуванням водойм відносно автомобільних доріг.

Мідь у природних умовах широко трапляється у самородному стані та у вигляді сульфідів, арсенідів, хлоридів тощо. Вона використовується переважно в електропромисловості, будівництві. Головним джерелом забруднення іонами цього важкого металу є скид неочищених стоків підприємств. Концентрація іонів міді у водоймах міської зони незначно перевищує концентрацію іонів у водоймах позаміської зони. Причиною цього може бути більша концентрація підприємств у міській зоні у порівнянні з позаміською.

Цинк є менш поширеним елементом, відносно міді та свинцю. Значна кількість цинку переноситься та випадає разом із атмосферними опадами. Цей елемент характеризується акумулятивним токсичним ефектом [19].

Іони амонію потрапляють в довкілля різними шляхами та у разі перевищення норм ГДК створюють небезпеку для навколишнього середовища, оскільки його ефективно видалення з природних та стічних вод, на сьогодні залишається однією із серйозних проблем. Основним джерелом надходження іонів амонію у водні об'єкти

є тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневий стік із сільськогосподарських угідь під час використання амонійних добрив, а також стічні води підприємств коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. Наявність  $\text{NH}_4^+$  в концентраціях, які перевищують ГДК, призводить до процесу евтрофікації. У результаті бурхливого розвитку водоростей різко зменшується вміст розчиненого у воді кисню, порушуються процеси самоочищення, що призводить до загибелі флори та фауни [20].

Підвищена концентрація іонів амонію може використовуватися в якості індикаторного показника, що відображає погіршення санітарного стану водного об'єкту, процес забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими і сільськогосподарськими стоками.

Причинами наявності нітратних іонів у природних водах є [21]:

- внутрішні процеси у водоймі – нітрифікації амонійних іонів при участі кисню під дією нітрифікуючих бактерій;
- атмосферні опади, які поглинають оксиди азоту, що утворюється при атмосферних електричних розрядах (концентрація нітратів в атмосферних опадах досягає 0,9 - 1 мг);
- промислові і господарсько-побутові стічні води особливо після біологічного очищення, коли концентрація досягає 50 мг/дм<sup>3</sup>;
- стік сільськогосподарських угідь і зрошуваних полів.

У поверхневих водах нітрати знаходяться в розчиненій формі, їх концентрація схильна до сезонних коливань: мінімальна у вегетаційний період, вона збільшується восени і досягає максимуму зимою, коли при мінімальному споживанні азоту відбувається розкладання органічних речовин і перехід азоту з органічних форм у мінеральні. Амплітуда сезонних коливань може бути одним із показників евтрофікації водного об'єкта. Присутність нітрату амонію в концентраціях до 2 мг/дм<sup>3</sup> не викликає порушення біохімічних процесів у водоймі; гранична концентрація цієї речовини, що не впливає на санітарний режим водойми складає 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Нітрити – проміжна ланка у ланцюзі бактеріальних процесів окислювання амонію до нітратів (нітрифікація – тільки в аеробних умовах) і, навпаки, відновлення нітратів до азоту й аміаку (денітрифікація – при нестачі кисню). Подібні окисно-відновні реакції характерні для станцій аерації, систем водопостачання і власне природних вод. Крім того, нітрити використовуються в якості інгібіторів корозії в процесах водопідготовки технологічної води, внаслідок чого можуть потрапити у системи господарсько-питного водопостачання. У поверхневих водах нітрити знаходяться в розчиненому стані. Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах повільного окислювання  $\text{NO}_2^-$  до  $\text{NO}_3^-$ , що вказує на забруднення водного об'єкта, тобто є важливим санітарним показником.

Нітрити характеризуються сезонними коливаннями концентрації: відсутні взимку, концентрації підвищуються у теплі пори року, коли найбільш активний фітопланктон та розклад органічних речовин [21].

#### **1.4. Висновки до розділу**

Проблема очищення поверхневих вод є актуальною завжди, особливо за умов стрімкої урбанізації та модернізації виробничих процесів, але перед усім характеризується специфічними особливостями залежно від державного, регіонального та місцевого рівнів.

Серед усіх чинників зовнішнього середовища, що впливають на водні екосистеми, антропогенні найбільше впливають на їх функціональний стан. Цей вплив, у свою чергу, викликаний значним і здебільшого негативним впливом на угруповання гідробіонтів. А за умови тривалої дії призводять до значних структурних змін у гідро екосистемах.

Щоб запобігти забрудненню вод солями важких металів і звести до мінімуму надходження їх у стічні води та вжити відповідних природоохоронних заходів,

проводити постійний моніторинг та оцінку якісного стану водних джерел усіх регіонів країни згідно з нормативними документами.

Враховуючи специфіку кожного забруднюючого компонента, вміст якого постійно перевищує норми ГДК, питання комплексного підходу не тільки до моніторингу, а й до очищення поверхневих вод є важливим та першочерговим, оскільки з кожним роком спостерігається тенденція забруднення й водних об'єктів, що знаходяться поза межами урбанізованих територій. Вплив сільського господарства, тваринництва та життєдіяльності людини зростає, а отже підвищуються концентрації забрудників, що значно знижує самоочисну спроможність річки, що призводить до зміни її гідрологічного режиму, збіднення біорізноманіття та є підвищує небезпеку для здоров'я людини.



## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ АНТРОПОГЕННИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Враховуючи стан водних ресурсів на сьогодні, слід проводити комплексні дослідження, спрямовані на оцінку сучасної та прогноз очікуваної гідроекологічної та водогосподарської ситуації, аналіз екологічного стану басейнів всіх річок та їх приток, удосконалення екологічного та інших видів моніторингу водних об'єктів.

На сучасному етапі соціально-економічного розвитку, напрям та основні параметри функціонування гідроекосистеми визначають інтенсивність і характер техногенної діяльності. Проблема стабільного функціонування водних екосистем характерна практично для всіх річкових басейнів України, оскільки прослідковується порушення екологічної рівноваги у напрямку деградації структури і функцій гідроекосистеми.

Ріки басейнів саме великих річок, таких як Дніпро та Південний Буг, мають високий рівень забрудненості вод та порушення самовідновних властивостей, за рахунок нерегульованого надходження до них хімічних сполук антропогенного походження від недостатньо очищених зворотних вод промислових підприємств, поверхневого стоку урбанізованих територій та сільськогосподарських скидів тощо [22]. Це є свідченням зміни внутрішньоводоймних процесів, а саме структурно-функціональної організації розвитку. Отже, як об'єкт досліджень обрано єдину концептуальну модель системи річок гідрографічних структурних одиниць басейну Дніпра та Південного Бугу.

Оскільки басейни великих річок, таких як Дніпро та Південний Буг є найбільш техногенно заангажовані, саме їх структурні елементи були обрані для подальшого дослідження впливу урбанізованих територій на водні об'єкти, що дозволяє [23]:

- охарактеризувати гідрохімічну, гідрологічну та функціональну складові ділянки комплексної водної екосистеми річок з урахуванням просторово-часової моделі розвитку;
- встановити структурні елементи , які гідрографічно пов'язані між собою та функціонально взаємодіють за умов дії антропогенних чинників, які є де стабілізаторами;
- встановити особливості структурно-функціональних перетворень у внутрішньоводоймних процесах;
- встановити інтегральні складові внутрішньої саморегуляції вод на основі визначення факторних закономірностей у взаємозв'язках та взаємодії екологічних та антропогенних чинників щодо інтенсивності механізму процесів у річкових екосистемах.

Для досліджень найчастіше застосовується метод системно-екологічного підходу, який ґрунтується на виокремленні ключових чинників, що впливають на функціонування й розвиток системи, формування їхньої ієрархії залежно від сили впливу на систему, в тісному взаємозв'язку із зовнішнім і внутрішнім середовищем. Головна перевага підходу — це можливість більш ґрунтовно дослідити об'єкт.

Методологічною основою досліджень було застосування системного підходу поєднання методів аналізу, спостереження, систематизації, статистично-математичного, математичного моделювання, математичного прогнозування, гідрохімічного, гідробіологічного та фізико-хімічного.

Методологія досліджень відповідає основним положенням Закону України «Про основні засади державної екологічної політики України до 2030 року» [23] та Закону України «Про затвердження загальнодержавної програми розвитку водного господарства та оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» [4].

Оскільки річки басейну Дніпра та Південного Бугу, як було зазначено вище, є одними із найбільш техногенно заангажованих, їх структурні одиниці були обрані як приклад, на основі якого буде розроблено алгоритм та модель перерозподілу забруднюючих речовин у просторі, за допомогою якого можливо кількісно охарактеризувати структурно-функціональні зміни розвитку водних екосистем, що

підтверджують причини антропогенної трансформації, за умов постійного надходження техногенних впливів.

## 2.1. Характеристика об'єктів дослідження

Ріки басейнів саме великих річок, таких як Дніпро та Південний Буг, є найбільш техногенно трансформованими за рахунок нерегульованого надходження до них хімічних сполук антропогенного походження від недостатньо очищених зворотних вод промислових підприємств, поверхневого стоку урбанізованих територій, сільськогосподарських скидних вод тощо [22]. Це є свідченням зміни внутрішньоводоймних процесів, а саме структурно-функціональної організації розвитку. Отже, як об'єкт досліджень обрано єдину концептуальну модель системи річок гідрографічних структурних одиниць басейну Дніпра та Південного Бугу.

Вибір об'єкта дослідження пов'язаний з такими чинниками [24]:

- техногенний вплив, а саме поверхневий стік з урбанізованих територій, зворотні скидні води від промислових підприємств, сільськогосподарські скидні води зумовили утворення техногенно заангажованих річкових вод;

- концепція регламентування якості вод за ГДК дозволяє охарактеризувати гідрохімічні процеси лише за зміною певних концентрацій забруднювальних речовин, за їх індивідуальними та сумарними показниками;

- поява концепції еколого-небезпечних ризиків за умов факторних техногенних впливів, змінила оцінку розвитку і функціонування природних систем.

Складові підсистеми комплексної гідрографічної структури басейну Дніпра та Пд. Бугу об'єднані між собою гідрографічними взаємозв'язками. Постійні трофічні зв'язки між річками басейну великих річок забезпечують гомеостатичний механізм розвитку єдиної комплексної системи басейнів на різних рівнях ієрархічного розвитку і дозволяють розглядати їх як сукупність взаємопов'язаних складових у єдиній матеріальній системі: «мала річка (р. Кізка) – середня річка (р. Ірпінь) – велика річка (р. Дніпро)» так само і для Південного Бугу : «р. Ровок – р. Рів – р.

Південний Буг» .

Слід зазначити, що досліджувались лише певні взаємопов'язані ділянки цих річок. Загальна довжина системи для басейну р. Дніпро становить близько 30 км: р. Кізка (6 км) – її відкрите русло, у яке надходять зворотні води від підприємств м. Києва та його околиць [25]. Загальна довжина дельтової ділянки р. Ірпінь, що досліджувалась – 22 км, від місця впадання притоки Кізки і до Київського водосховища [26]. Довжина системи досліджуваних річок басейну Південного Бугу більша – 46 км , оскільки, для більшого візуального та компонентного порівняння, було обрані річки в межах області, а не міста. Річка Ровок (3 км.) – її русло, яке потерпає від скидів, що надходять з околиць населених пунктів. Досліджувана ділянка р.Рів складає 15 км та охоплює найбільші наседені пункти,якими вона протікає та місце впадіння у велику річку – Південний Буг, який досліджувався як на околицях міста Вінниця (місце впадіння р.Рів), так і у самому місті (28 км) [22].

Концептуальна єдина водна система річок має такі гідрографічні і гідродинамічні характеристики [28]:

- р. Кізка та р. Ірпінь є складовими басейну Дніпра, де об'єднують структурою є Київське водосховище;
- гирлова ділянка р. Ірпінь та Київське водосховище є водним об'єктом рибогосподарського та рекреаційного призначення;
- р. Кізка характеризується збільшенням маси донних відкладів – один із гідрологічних наслідків урбанізації, що є причиною порушення екологічної рівноваги у її водній системі;
- р. Ровок та р. Рів мають рибогосподарське та рекреаційне значення;
- ділянка впадання р. Рів у р. Південний Буг є звивистою та розгалуженою, що не виключає фактору більшого навантаження на гирло;
- р. Південний Буг є основною річкою у м. Вінниця і другою за величиною в Україні, та використовується у всіх сферах господарства та споживання.

Узагальнене схематичне зображення ділянки комплексної водної системи структурних одиниць басейну великих річок показано на прикладі басейну р. Дніпро (рис. 2.1), де чітко прослідковується зв'язок між річками одного басейну.

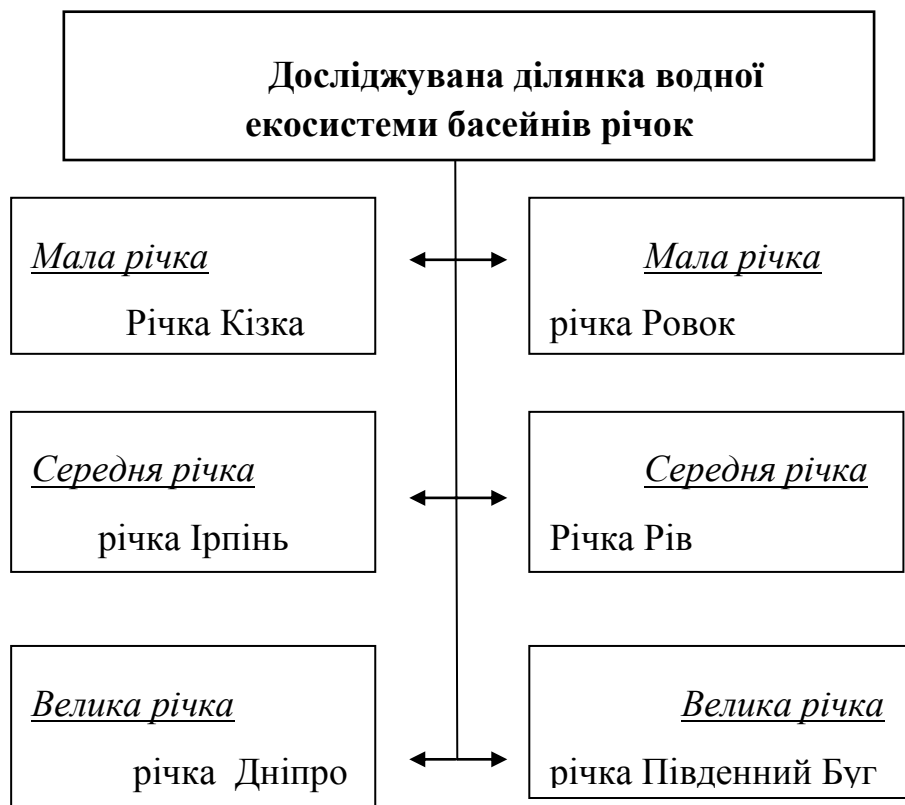


Рис. 2.1. Схема взаємозалежності структурних одиниць системи річок басейну Дніпра

Комплексна гідрографічна структура водних систем, що зазнали техногенного впливу, завдяки наявності різних підсистем забезпечує різні функції їх екосистемного розвитку, що обумовлює послідовність екологічної оцінки їх стану [28]:

- аналіз кінцевої мети, яка реалізується під час виконання поставлених завдань;
- розроблення та обґрунтування критеріїв визначення еколого-небезпечних екзо- та ендоризиків у процесі надходження забруднень;
- застосування статистично-імовірного підходу щодо оцінки еколого-небезпечних ситуацій у реальних екосистемах річок.

До підсистем запропонованої комплексної системи річок ділянки басейну Дніпра належать:

– ділянка малої річки *Кізки* (район скиду зворотних вод заводу «Агромарс» та інших підприємств різних галузей виробництва), лівої притоки р. Ірпінь, яка є одним з основних джерел техногенного забруднення (рис. 2.2.);



Рис. 2.2. Ділянка малої річки *Кізки*

– ділянка річки *Ірпінь* (гідроствори: сел. Мостище, смт. Гостомель) від місця впадання р. Нивки до Київського водосховища (рис. 2.3);



Рис. 2.3. Ділянка середньої р. *Ірпінь*

– *прибережна зона Київського водосховища*, в місті впадання вод р. Ірпінь (сел. Казаровичі) до р. Дніпра (рис. 2.4);



Рис. 2.4. Ділянка прибережної зони Київського водосховища *Підсистема річки Кізки* бере початок з озера на північно-західній околиці сел Блισταвиця (Бородянський район), та за 2 км на південь від села Луб'янка (Бородянський район). Далі протікає повз село Луб'янка (Бородянський район), селами Вороньківка (влаштовано ставок), Синяк та Демидів і південніше села Козаровичі впадає у річку Ірпінь.

Загальна довжина річки – 23 км. Останні 2 км перед впадінням у Ірпінь русло каналізоване, від нього відгалужується багато меліоративних каналів. Впадає у Ірпінь природнім руслом. Має багато притоки, здебільшого з лівого боку. Одна з лівих приток носить назву Шевелуха, бере свій початок в межах села Гаврилівка, протікає територією села (влаштовано великий став) і впадає в Кізку між селами Гаврилівка та Синяк.

Долина трапецієподібна, ширина до 3 км, глибина - 20 м. Ширина заплави сягає 300 м, річища – до 5 м. Похил річки 1,8 м/км. Живлення мішане. Замерзає наприкінці листопада, скресає у березні. Вода гідрокарбонатно-кальцієвого складу (мінералізація 0,3–0,5 г/дм<sup>3</sup>) [29].

У річку, окрім господарсько-побутових стоків ті стоків з агропромислового комплексу, найбільший негативний вплив чинить ТОВ «Комплекс Агромарс» —

холдингова компанія на сьогодні один з найбільших виробників курячого м'яса в Європі.

Урбанізованість річки досить висока – 31 %, за рахунок приймання нею зворотніх води потужного підприємства та населених пунктів, що зважаючи на її невеликі розміри, є небезпечним фактором, оскільки самоочисна спроможність річки не розрахована на надмірні антропогенні навантаження.

Особливістю р. Кізка є те, що вона несе свої води в р. Ірпінь і далі в Київське водосховище, що вище водозбору міста, населення селищ є її водоспоживачами [26]. Довжина досліджуваної ділянки 6 км.

*Підсистема річки Ірпінь* протікає в Житомирській та Київській областях і є об'єктом рибогосподарського та рекреаційного призначення. Гирло річки – Київське водосховище. Загальна довжина – 162 км, ширина – 25–40 м, глибина до 40 м, площа басейну – 3340 км<sup>2</sup>, за рахунок цього річка класифікується як середня.

Густина річкової сітки – 0,44 км/км<sup>2</sup>, нахил – 0,7 м/км. Заплава річки переважно заболочена, живлення мішане. Стік зарегульований численними ставками. У басейні діють невеликі осушувальні і осушувально-зволожувальні системи (Бучанська, Тарнівська, Шпитківська). На відрізку 131 км є магістральним каналом Ірпінської осушувально-зволожувальної системи [30]. У роботі розглядається ділянка річки, завдовжки, 12 км, перед впадінням її у Київське водосховище, а саме, гідроствори: сел. Мостище, Гостоміль, Казаровичі (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Карта досліджуваної території басейну Дніпра



Гідрографічні одиниці басейну Дніпра об'єднані між собою функціонально та характеризуються всіма ієрархічними рівнями екосистеми. Дослідження проводились у цій ділянці річки, оскільки вона є найбільш репрезентативною ділянкою басейну, відносно антропогенного впливу на водну екосистему і загальною показовою для усіх водних об'єктів басейну.

Для визначення екологічної оцінки використані дані особистих досліджень за гідрохімічними, гідробіологічними та токсикологічними показниками стану р. Кізки та р. Ірпінь [30-36], які доповнені первинними інформаційними матеріалами державних контрольних установ, за гідрохімічними та гідробіологічними показниками, за п'ятнадцятирічний період (2003–2018 рр.), за державними контрольними гідростворами: сел. Мостище, смт. Гостомель, сел. Козаровичі [37].

Дані екологічного моніторингу систематизовано, проаналізовано (близько 1000 показників), їх частина використана безпосередньо в даній роботі для характеристики особливостей структурно-функціональної організації [38].

Для з'ясування особливостей структурно-функціональної організації розвитку цієї досліджуваної ділянки басейну було обрано такі пріоритети досліджень [28]:

1) за умови постійної дії на водну екосистему специфічних модифікуючих чинників, у системі взаємозв'язки та взаємодії між екологічними та антропогенними чинниками пов'язані гідрографічно та функціонально;

2) двостороння взаємодія у системі «техногенний вплив – наслідки впливу» дає змогу охарактеризувати особливості структурно-функціональної організації.

Даний підхід дає змогу охарактеризувати всі досліджувані ділянки підсистем за принципом екологічної узгодженості їх функціонування. Таке поєднання річок в єдину концептуальну водну екосистему є доцільним для застосування на рівні малих та середніх річок, що зумовлено їх гідрологічними характеристиками.

Створення єдиної концептуальної системи та її правомірний ієрархічний статус узгоджується із законами загальної екології та не викликає суперечностей стосовно основних принципів інженерної екології та узгоджується з рекомендаціями міжнародних екологічних організацій щодо доцільності розроблення моделей

поетапних змін екосистемних процесів при дії специфічних модифікуючих (антропогенних) чинників [28].

Річка Ровок (Рівок) протікає в межах Деражнянського району Хмельницької області та Барського району Вінницької області. Ліва притока Рову (басейн Південного Бугу). Довжина річки 33 км, площа басейну 298 км<sup>2</sup>. Долина V-подібна, завширшки 0,5—0,7 км. Заплава двобічна. Річище слабозвивисте, завглибшки 0,5—1,5 м. Похил річки 0,92 м/км. На річці споруджено ставки, найбільший з яких - озеро Гармаки. Ровок бере початок на схід від села Мазники. Тече у межах Подільської височини на схід і (в нижній течії) на південний схід. Впадає до Рову на північ від села Шершні, що на захід від міста Бар (рис. 2.6).

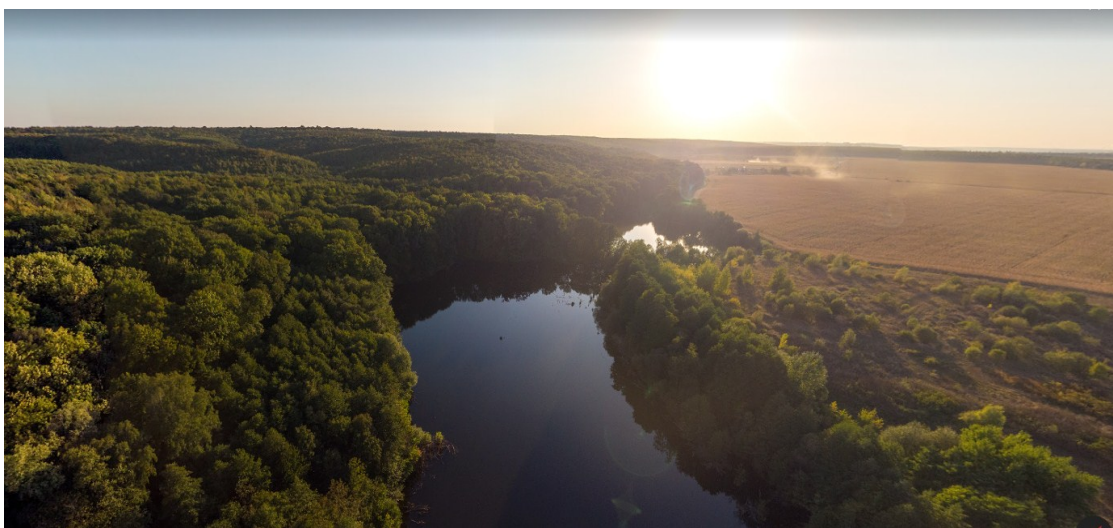


Рис. 2.6. Річка Ровок у с. Могилівка

Основні джерела надходження забруднюючих речовин - селянсько-фермерське господарство «Володимир» (спеціалізується на вирощуванні пшениці, кукурудзи та великої рогатої худоби); Шершнівський плодоконсервний завод (ВАТ «Гніванський кар'єр») – має сезонний цикл виробництва. Досліджувана ділянка річки 3-5 км.

Річка Рів (Ров) - протікає в межах Віньковецького району Хмельницької області та Барського і Жмеринського районів Вінницької області. Права притока Південного Бугу. Довжина – 104 км, площа басейну 1162 км<sup>2</sup>. Долина V-подібна, слабозвивиста, завширшки переважно 0,7-1,3 км, максимально до 3 км (в районі

міста Бар). Глибина долини змінюється від 5 - 10 до 20 – 35 м. Річище звивисте, завширшки 5 – 20 м, є острови; на окремих ділянках річище пересихає. Похил річки 0,82 м/км. Заплава в здебільшого заболочена. Споруджено ставки та водосховища.

Рів бере початок на північ від села Слобідка-Охрімовецька. Тече переважно на схід. На території Жмеринського району вона розділяє район на північну і південну частини. Впадає до Південного Бугу в північній частині села Могилівка, що на захід від міста Гнівані (рис.2.7).



Рис. 2.7. Річка Рів у Браїлові

Оскільки річка проходить територією та околицями селищ, з села Демидівка надходять забруднюючі речовини з тваринницького комплексу, оскільки він знаходиться на рівнині, приносить велику шкоду, адже місця зливу відходів швидко переповнюються. З селища Могилівка головним забрудни ком для водойм виступає ТОВ «Могилівка агро» [39].

Досліджувана ділянка річки 15 км.

Особливістю малої річки Ровок та середньої р. Рів є їх протікання. Адже, порівняно з досліджуваними об'єктами басейну р.Дніпро, річки басейну Південного Бугу, що досліджуються нами у більшій мірі оминають великі урбанізовані території, проте, на їх прикладі можна прослідкувати, як навіть не

великі, порівняно з містом, антропогенні навантаження впливають на режими та системи річок. На рис. 2.8 показані місця впадання річок за системою «мала-середня-велика» та відмічені місця відбору проб та контрольних пунктів спостереження.



Рис. 2.8. Карта досліджуваної території басейну р. Південний Буг

Відбір проб з контрольних точок басейнів річок Дніпро та Південний Буг, а також дані моніторингових спостережень, дають змогу окреслити коло основних чинників надходження забруднюючих речовин у їх поверхневі води. Зведення річок у систему «мала-середня-велика» було обрано для детального дослідження впливу забруднених вод різних ієрархічних рівнів на гідроекосистему в цілому.

## 2.2. Методи досліджень

Методологія оцінки хімічного та фізичного забруднення поверхневих водних об'єктів із урахуванням сучасних підходів контролю передбачає виявлення та оцінку джерел та рівнів антропогенної трансформації річкових гідроекосистем, а

також природного утворення і кумуляції небезпечних сполук у водних об'єктах за рахунок хімічних та біохімічних перетворень природних і техногенних хімічних сполук [40]. Важливим фактором за таких наукових досліджень стає питання про джерела та шляхи надходження забруднюючих речовин у водойму, у подальшому індикація динаміки змін складових гідроекосистеми та їх наслідків щодо розвитку водного об'єкту. Це пов'язано із біотичною регуляцією навколишнього середовища при дослідженні водних екосистем – збереження природного біотичного механізму інтенсивності внутрішньоводоймних процесів, як структурно-функціональної ознаки рівня стабільності розвитку техногенно заангажованих водних об'єктів.

Для точності дослідження техногенно перетворених водойм доцільно поряд з екологічними показниками застосовувати також технічні, в комплексі це є основою інженерно-екологічних досліджень. Технічні показники характеризують джерела дії на природне середовище (наприклад технологічні процеси), що взаємодіють із природними ресурсами або використовують їх для отримання результатів праці. Екологічні показники використовують для характеристики природних процесів та дозволяють оцінити здатність природного середовища до самоочищення, самовідновлення та враховують показники, що відображають рівень зміни природного середовища в зоні дії техногенних впливів [41].

### 2.2.1. Методики та підходи до досліджень техногенно заангажованих гідроекосистем

Проаналізувати дані можна за багатьма аспектами та підходами, реалізовувати за допомогою різних інструментів — в тому числі математичних, статистичних та з допомогою різних способів їх візуалізації.

Для дослідження басейнів р. Дніпро та р. Південний Буг були обрані такі статистичні методи:

- одно- і багатовимірні;
- кількісні (метричні);

- категоріальні (неметричні);

Статистичні методи - методи аналізу статистичних даних. Їх поділяють на одно- та багатовимірні, кількісні та категоріальні.

Одновимірний розподіл — дозволяє підсумувати частоту, з якою різні значення певної змінної спостерігаються в наборі даних. Ці методи використовуються за умови, що всі елементи вибірки оцінюються єдиним вимірником або якщо цих вимірників кілька для кожного елемента, кожна змінна аналізується при цьому окремо від усіх інших.

При застосуванні багатовимірних методів аналізу даних, можливо порівнювати одні змінні з іншими, будувати двовимірні розподіли, щоб на найпростішому рівні виявити залежності між змінними [42].

Кількісні (метричні) дані являють собою безперервну структуру. Дані вимірюються за допомогою інтервальної шкали (числова шкала, кількісно рівні проміжки якої відображають рівні проміжки між значеннями вимірюваних характеристик), або за допомогою шкали відносин (крім відстані визначений і порядок значень).

Категоріальні (неметричні) дані - це якісні дані з обмеженим числом унікальних значень і категорій. Існує два види категоріальних даних: номінальні - використовується для нумерації об'єктів і порядкові - дані, для яких існує природний порядок категорій [43].

#### *Однофакторний дисперсійний аналіз.*

Завданням дисперсійного аналізу є вивчення впливу одного або декількох факторів на ознаки. Однофакторний дисперсійний аналіз використовується у наявності даних трьох або більше незалежних вибірок, які отримані з однієї генеральної сукупності шляхом зміни одного з незалежних факторів, для якого з будь-яких причин немає кількісних вимірів. Для таких вибірок припускають, що вони мають різні вибіркові середні значення і однакові вибіркові дисперсії. Таким чином можна прослідкувати, чи надав цей чинник істотний вплив на вибірку або дані концентрації є наслідком випадковостей, викликаних невеликими обсягами вибірок.

При однофакторному дисперсійному аналізі вихідні дані подають у вигляді таблиць, у яких кількість стовпчиків дорівнює кількості рівнів фактора, а кількість значень у кожному стовпчику – кількості спостережень при відповідному рівні фактора. Кількість спостережень залежить від рівнів факторів. При цьому результати спостережень для різних рівнів є вибірками з нормально розподілених сукупностей, середні значення та дисперсії яких є однаковими і не залежать від рівнів [44].

Важливим є моніторинг стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів, гідротехнічних споруд; процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, селевих потоків, карстових та інших явищ, адже це важливий показник стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, складами паливно-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами [45].

Моніторингові дослідження були спрямовані на:

- спостереження за станом гідроекосистеми, визначення змін, обумовлених діяльністю людини, і узагальнення результатів спостережень за геофізичними і фізико-географічними параметрами стану середовища;
- отримання геохімічних даних, що характеризують кругообіг речовин у водних об'єктах, спостереження за реакцією біоти та ін.;
- організацію єдиної системи контролю за складовими водного середовища;
- налагодження автоматизованої системи збору, обробки, узагальнення і зберігання інформації про кількість і стан водних ресурсів;
- оцінку природно-ресурсного потенціалу та рівня використання ресурсів річок;
- вивчення ступеня антропогенного впливу на компоненти водного середовища;

- моделювання і прогноз змін екологічної ситуації та рівня забрудненості вод.

Важливими при організації моніторингу на усіх рівнях є моніторинг забруднюючих речовин (інгредієнтний моніторинг), середовищ (верхніх і нижніх шарів атмосфери, гідросфери, літосфери - у першу чергу ґрунтів) та джерел впливу.

*Фізико-хімічний метод дослідження стану водних об'єктів*

Основною базою для цього напряму є фізичні та хімічні методи дослідження, що при практичному застосуванні дають достовірні результати, щодо наявності та вмісту речовин у досліджуваному об'єкті.

Фізико-хімічними методами визначається хімічний, якісний та кількісний склад, а також органолептичні та хімічні властивості (текучість, прозорість тощо) розчинених у водах речовин.

Загальний ступінь мінералізації визначають шляхом випаровування первного об'єму води і зважування сухого залишку. Вміст у воді розчинених та завислих органічних речовин визначають методами окислення. Кількість легкорозчинних органічних речовин визначають методом перманганатного окислення, а всіх разом – біхроматного окислення. На сьогодні, також, розроблено ряд методик для визначення вмісту у воді біогенних речовин, зокрема різних форм азоту ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), фосфору ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), кремнію ( $\text{HSiO}_3^+$ ,  $\text{SiO}_2$ ), заліза ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), мікроелементів.

Вміст кисню у поверхневих водах є показником, що характеризує направленість та інтенсивність процесів, які проходять у водоймі, таких як біологічне окислення органічних речовин.

Одним з важливих показників є рН, який залежить від співвідношення у воді водневих і гідроксильних іонів, оскільки вказує не тільки на їх кількісне співвідношення але і спрямованість багатьох біологічних та хімічних процесів у водоймі. Значення рН в нейтральній воді дорівнює 7, в кислій – менше 7, а в лужній – більше 7.

Такі показники як вміст кисню та рН є найпоширенішими серед експрес тестів, через свою ефективність та показовість. Адже лише за одним з них можна зробити



попередні висновки, щодо функціональної активності біотичної складової гідроекосистеми, яку досліджують [22].

### 2.2.2. Методи відбору проб та підготовки їх до дослідження

Хімічний склад донних відкладів є індикатором екологічного стану водної екосистеми.

Відбір проб води проводився відповідно до ДСТУ ISO 5667-6:2009 [46]. Проби відбирались за течією річки пластиковим батометром Молчанова об'ємом 4 дм<sup>3</sup>. Проби поверхневих вод відбирались із зануренням барометра на глибину 5–10 см від поверхні, проби придонних вод – з глибини 5–10 см від поверхні дна, поверхневий шар донних відкладів відбирався потужністю 1–5 см. Проби донних відкладів відбирались відповідно до [47] у скляні ємності об'ємом 0,5 дм<sup>3</sup> за течією річки дночерпачем Петерсена з площею захвату 2,025 дм<sup>2</sup>. Водні витяжки готувались виходячи із співвідношення «донні відклади – вода» 1:5, 1:10 з урахуванням вологості проби (перед приготуванням зразки ґрунту висушувалися у термостаті до встановлення постійної маси з метою визначення його вологості, що необхідно для розрахунків. Проби донних відкладів розміщували в круглій колбі (0,5 дм<sup>3</sup>), заливали дистильованою водою (для гідрохімічних аналізів) і спеціально підготовленою водою (для біотестування), збовтували на шейкері протягом 4 год., а потім фільтрували через фільтрувальний папір.

Всі відібрані в контрольних точках зразки аналізували в лабораторних умовах на базі Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України відповідно до методик, допущених до використання [48].

Для дослідження проб води на вміст важких металів, їх аналізують за наступними показниками [49]:

- загальна жорсткість – комплексонометричним методом за ГОСТ 4151-72;
- сухий залишок – гравіметричним методом за ГОСТ 18164-72;

- вміст Магнію, Купруму, Цинку, Феруму, Плюмбуму та Кадмію – методом атомно-емісійної спектрометрії на за ДСТУ ISO 11885-2005 (ISO 6777:1984, IDT).

Методи моделювання екологічного стану та прогнозування динаміки зміни концентрацій забруднюючих речовин.

Етап екологічного прогнозування є одним з перших при створенні екологічних програм та їх впровадження на управлінському рівні. Це дослідження майбутніх змін у НПС та їх зворотних впливів на антропогенну діяльність і здоров'я людей.

Прогнозування складається з [50]:

- оцінки перспектив розвитку майбутнього стану досліджуваного об'єкта, в нашому випадку концептуальної моделі системи річок, на основі виявлення наявних закономірностей;
- умовного виникнення у майбутньому тенденцій і закономірностей, що довго тривали у минулому й існують у сучасному;
- моделювання майбутнього стану досліджуваного об'єкту згідно з очікуваними або бажаними змінами.

Для отримання прогнозних даних якості вод обрано статистично-математичний метод, який базується на використанні речовинного балансу техногенно трансформованих водних систем за сумарним показником поллютантів. Такий підхід проведення експериментальних робіт стосовно прогнозу якості вод із врахуванням структурно-функціональних особливостей розвитку водних об'єктів дає інформацію щодо якісного виснаження вод та можливої деградації досліджуваної водної екосистеми. Він також дозволяє математично описати зміни речовинно-енергетичного балансу гідроекосистем протягом певного часового періоду. Відповідно, наступним етапом дослідження може стати опис змін вмісту забруднюючих речовин у водному середовищі внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів [50].

### **2.3. Висновки до розділу**

Усі компоненти, що надходять поверхневі води з зовнішнього середовища, мають безпосередній вплив на внутрішньоводоймні процеси річки, її живлення, режим та самоочисну здатність.

Дослідження техногенно заангажованих водних об'єктів на усіх ієрархічних рівнях дає можливість проаналізувати та змоделювати подальші зміни у гідроекосистемі.

У даний час техногенно заангажованими є не тільки урбанізовані території (великі міста), а й території поза ними, тому важливим є дослідження поверхневих вод басейну у комплексі з найменшими та найвіддаленішими від техногенного впливу притоками.

Перераховані методи досліджень гідроекосистем є доцільними для забруднень різного типу та характеру, а в комплексі дають більш точні дані для дослідження динаміки.

## РОЗДІЛ 3

### ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕНOSTІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СИСТЕМИ «МАЛА – СЕРЕДНЯ – ВЕЛИКА» РІЧКИ

Інтенсивне та довготривале використання водних ресурсів у різних сферах людської діяльності, зокрема і промисловості, стало причиною істотних антропогенних змін не лише річок, а й їх водозбірних басейнів. Забезпечити екозбалансований розвиток річок рибогосподарського та рекреаційного призначення є одним із найважливіших завдань сучасності [51].

Однією з головних причин деградації річок є техногенна зумовленість їх розвитку, як результат впливу урбанізованих територій. За матеріалами паспортизації в Україні немає річкових басейнів з непорушним станом їх водних екосистем [52].

У великих річках, таких як Дніпро та Південний Буг, з кожним роком спостерігається порушення екологічного стану, а також гідрологічного та гідрохімічного режимів, що є основною причиною перетворення їх у техногенно змінену водну екосистему, як і багатьох інших річок України.

Негативний вплив поллютантів на сукупності параметрів водного середовища провокує порушення гомеостазу і формування техногенно змінених водних екосистем різного ступеня забрудненості. Враховуючи ієрархічність рівнів розвитку водних екосистем, дослідження стану не тільки великих річок, а також малих та середніх, дозволить розробити водоохоронні заходи, які сприятимуть покращенню якості усього басейну [53].

### 3.1. Аналіз рівня перетворень в гідроекосистемі басейну річки Дніпро

За результатами проведених досліджень та застосування методик обробки даних, проаналізовано вміст основних забруднюючих речовин у річках різних рівнів організації басейну р. Дніпро та р. Південний Буг з різним ступенем техногенного навантаження (табл.3.1, табл. 3.2). Дані вмісту шкідливих речовин для річок басейну Дніпра наведено у таблиці 3.1.

Відбір проб було проведено на 855,5 км р. Дніпро біля водосховища, 500 м вище Бортницької станції аерації (БСА). Проби з вод гирла р. Ірпінь були відібрані на 0.1 км річки у с. Козаровичі. Мала річка – Кізка досліджувалась на ділянці 5 км (с. Демидів), де найбільш виражений вплив зворотних вод заводу «Агромарс».

Таблиця 3.1

#### Систематизовані дані вмісту шкідливих речовин в ієрархічній системі річок басейну р. Дніпро (2014-2018 рр.)

| Рік              | Речовина  |                                 |                                 |                                 |                                   |                        |                        |
|------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
|                  | Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | Амоній-іони, мг/дм <sup>3</sup> | Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup> | Нітрит-іони, мг/дм <sup>3</sup> | Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup> | Fe, мг/дм <sup>3</sup> | Cu, мг/дм <sup>3</sup> |
| 1                | 2   | 3                               | 4                               | 5                               | 6                                 | 7                      | 8                      |
| <b>р. Дніпро</b> |   |                                 |                                 |                                 |                                   |                        |                        |
| 2014             | 3,32  | 5,78                            | 5,49                            | 0,26                            | 0,058                             | 0,098                  | 0,002                  |
| 2015             | 4   | 4,82                            | 5,7                             | 0,28                            | 0,06                              | 0,1                    | 0,0032                 |
| 2016             | 6   | 4,5                             | 6,66                            | 0,34                            | 0,062                             | 0,15                   | 0,0037                 |
| 2017             | 5,4   | 4,52                            | 6,64                            | 0,27                            | 0,061                             | 0,154                  | 0,0025                 |
| 2018             | 5   | 3,54                            | 6,35                            | 0,16                            | 0,064                             | 0,16                   | 0,0021                 |
| <b>р. Ірпінь</b> |   |                                 |                                 |                                 |                                   |                        |                        |
| 2014             | 3,4   | 5,7                             | 4,4                             | 0,24                            | 0,05                              | 0,09                   | 0,0017                 |
| 2015             | 3,7   | 4,98                            | 4,47                            | 0,14                            | 0,054                             | 0,1                    | 0,003                  |
| 2016             | 5,9   | 4,42                            | 5,6                             | 0,21                            | 0,055                             | 0,14                   | 0,0032                 |
| 2017             | 6   | 4,38                            | 5,7                             | 0,13                            | 0,057                             | 0,15                   | 0,0021                 |
| 2018             | 5,24  | 3,02                            | 5,67                            | 0,12                            | 0,057                             | 0,15                   | 0,002                  |

Закінчення таблиці 3.1

| 1               | 2        | 3          | 4        | 5           | 6           | 7          | 8            |
|-----------------|----------|------------|----------|-------------|-------------|------------|--------------|
| <b>р. Кізка</b> |          |            |          |             |             |            |              |
| 2014            | 3        | 5,558      | 4,2      | 0,2         | 0,045       | 0,087      | 0,0015       |
| 2015            | 3,5      | 4,6        | 4,1      | 0,15        | 0,05        | 0,098      | 0,0028       |
| 2016            | 5        | 4,36       | 4,2      | 0,06        | 0,054       | 0,11       | 0,003        |
| 2017            | 5,8      | 3,025      | 5,17     | 0,09        | 0,057       | 0,14       | 0,002        |
| 2018            | 5,4      | 2,49       | 5        | 0,09        | 0,0574      | 0,14       | 0,0019       |
| <b>ГДК</b>      | <b>3</b> | <b>0,5</b> | <b>4</b> | <b>0,08</b> | <b>0,05</b> | <b>0,1</b> | <b>0,002</b> |

За даними, наведеними у таблиці, в усіх досліджуваних водоймах спостерігається підвищення показників БСК5 з кожним роком та ,відповідно перевищення ГДК. Значення амоній – іонів значно перевищують допустимі норми, проте мають тенденцію до зменшення з кожним роком, що свідчить про удосконалення природоохоронних заходів. Нітрат – іони в досліджуваних об'єктах коливаються в межах норм ГДК, проте значною мірою на це впливають також погодні та температурні умови. Спостерігається збільшення концентрацій нітрит – іонів з підвищенням ієрархічного рівня річки ( від малої до великої). Вміст нафтопродуктів, коливається в межах норм ГДК, проте є незначні збільшення у р. Дніпро. Вміст досліджуваних важких металів Fe та Cu знаходиться переважно в межах норма, проте, з кожним роком, концентрації у водних об'єктах зростають.

Встановлено, для досліджуваних екосистем показники БСК5, амоній – , нітрат – та нітрит – іонів, а також вмісту нафтопродуктів і важких металів мають визначне значення для формування якості води. Узагальнені результати щодо динаміки зміни їх з роками, представлені на рисунках.

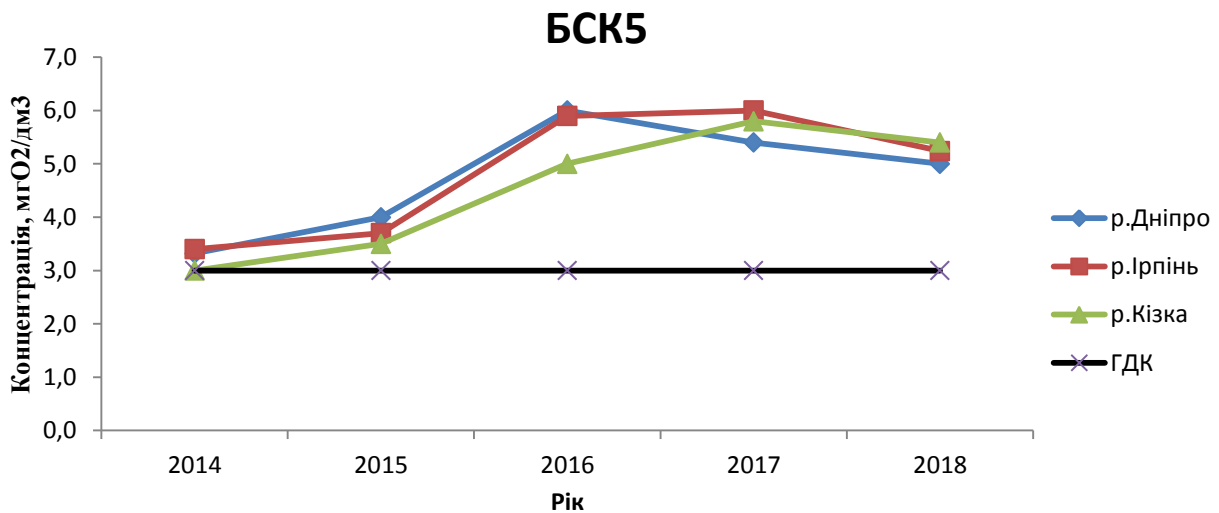


Рис.3.1. Зміна показника БСК<sub>5</sub> у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)

З графіка видно, що перевищення норм ГДК за вмістом БСК<sub>5</sub> наявне в усіх річках досліджуваної системи. Стрімке збільшення починається з 2015 до 2017 року. З другої половини 2017 року значення БСК<sub>5</sub> дещо зменшуються, проте залишаються майже у 2 рази вищими від норм ГДК, що свідчить про велику кількість органічних речовин у водоймах, а отже і про високий ступінь забрудненості.

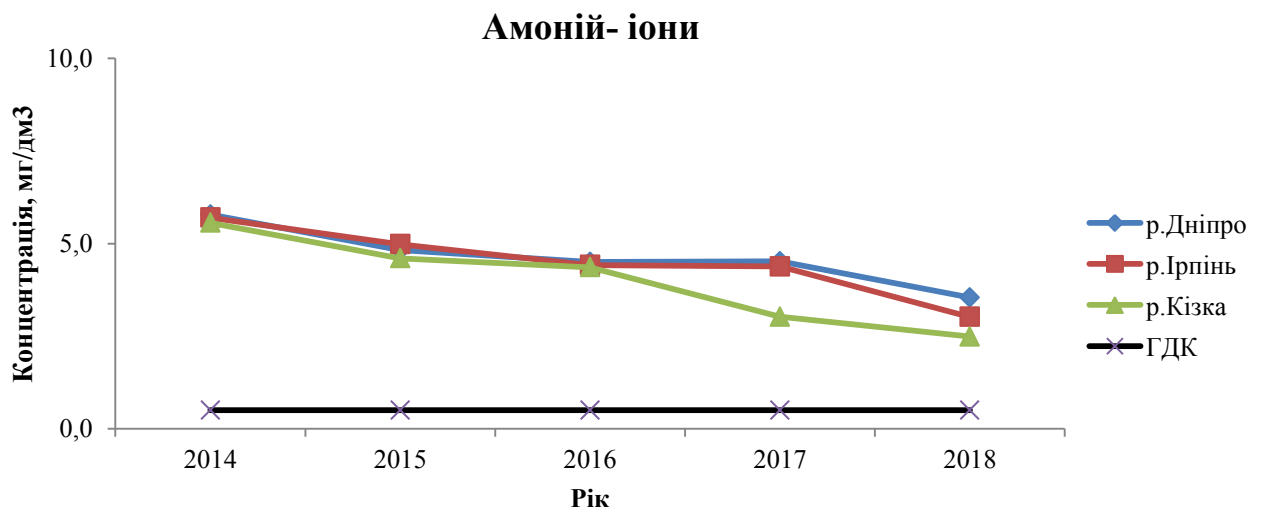


Рис. 3.2. Зміна концентрацій амоній - іонів у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)

Динаміка вмісту амоній-іонів вказує на поступове зменшення, з роками, їх концентрацій у водоймах річок басейну Дніпра. Що свідчить про ефективність

впровадження технологій очистки стічних вод на підприємствах, які є водокористувачами досліджуваних водойм.

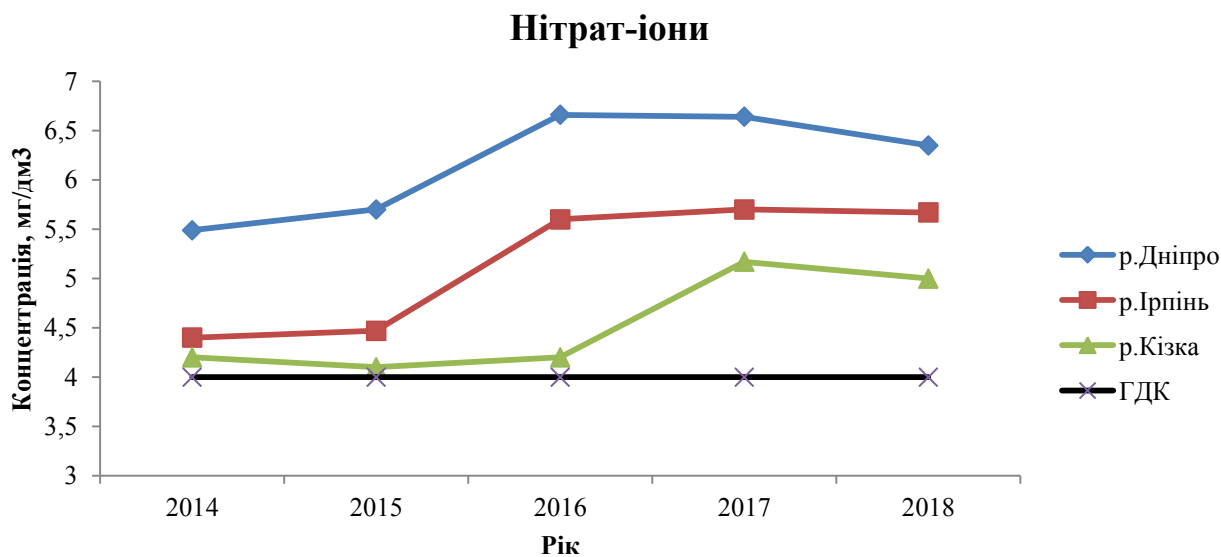


Рис. 3.3. Зміна концентрацій нітрат - іонів у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)

Концентрація нітрат-іонів у поверхневих водах має значні перевищення норм ГДК. У р. Кізка стрімке збільшення прослідковується з 2017 року, що вказує на стрімкого розкладу органічних речовин тваринного і рослинного походження.

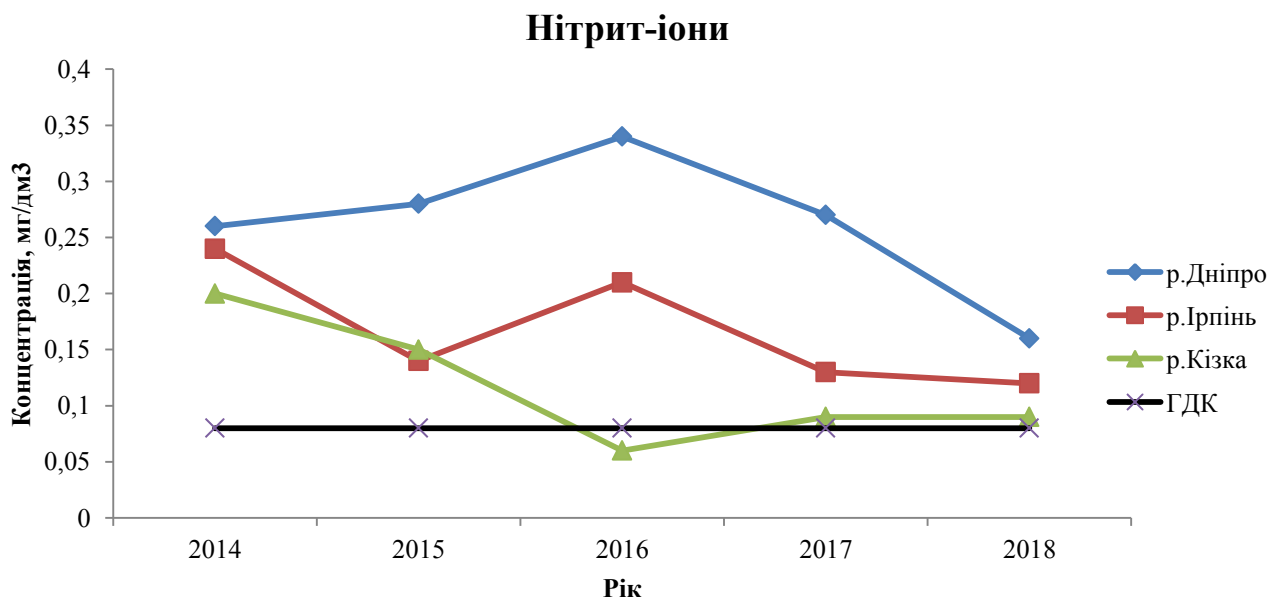


Рис. 3.4. Зміна концентрацій нітрит - іонів у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)



На рисунку видно зменшення концентрації нітрит-іонів у 2016 році в малій р. Кізка та коливання в межах норми у подальших роках. В річці Ірпінь навпаки – у 2016 році відбувається стрімке збільшення концентрації нітрит- іонів, що призвело відповідно і до її збільшення у водах р. Дніпро, але вже у першій половині 2017 року прослідковується тенденція до зниження концентрацій.

Сезонні коливання нітритів характеризуються відсутністю їх зимою і появою навесні при розкладанні неживої органічної речовини.

Відповідно до вимог глобальної системи моніторингу стану навколишнього середовища (ГСМОС/GEMS) нітрит- і нітрат-іони входять у програми обов'язкових спостережень за складом питної води і є важливими показниками забруднення і трофічного стану природних водойм [21].

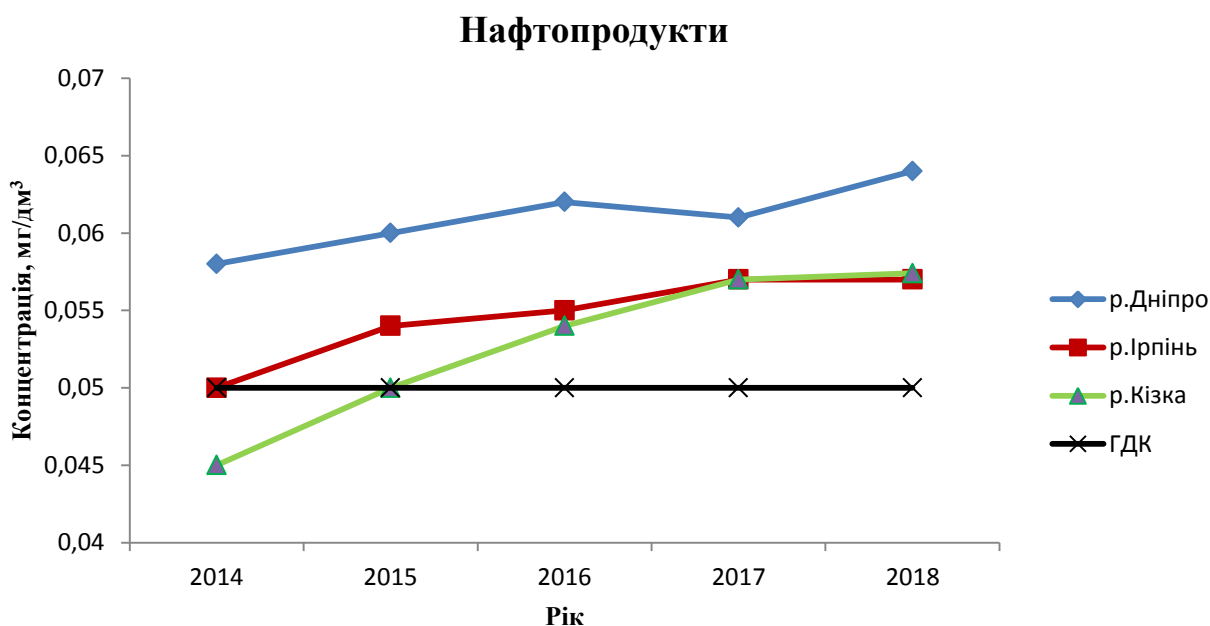


Рис. 3.5. Зміна вмісту нафтопродуктів у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)

Згідно з графіком, вміст нафтопродуктів у досліджуваних водних системах збільшується з ієрархією, відбувається ефект накопичення та постійне перевищення норм ГДК з кожним роком навіть у малій річці, що свідчить про низьку самоочисну спроможність та високу інтенсивність надходження забруднення.

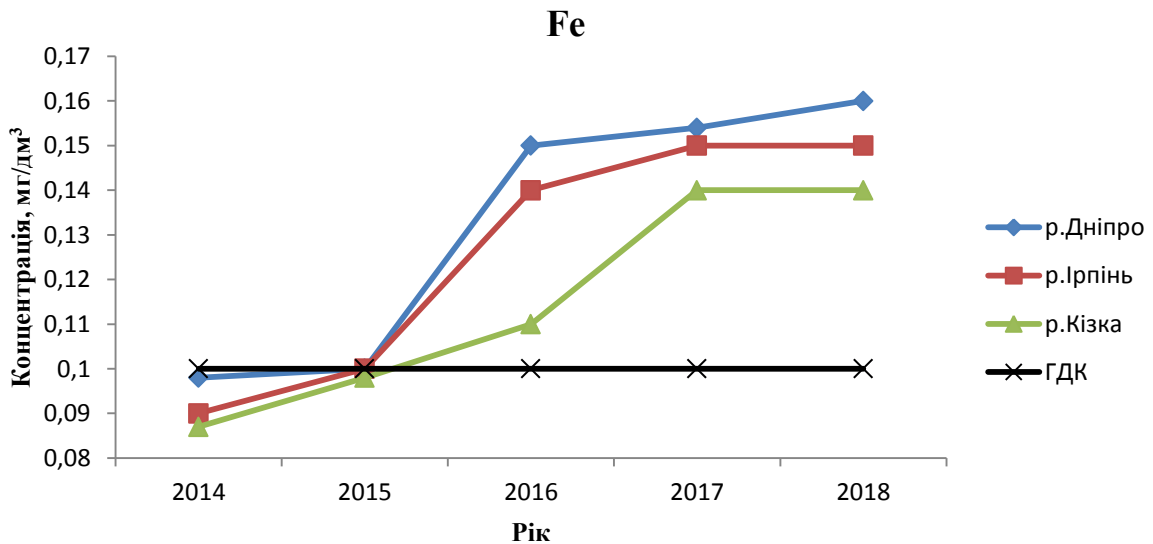


Рис. 3.6. Зміна вмісту важких металів (Fe) у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)

Показники вмісту феруму (Fe) у річках басейну р. Дніпро збільшуються з 2015 року та досягають значного перевищення норм ГДК з кожним роком, оскільки самоочисна спроможність річок порушена.

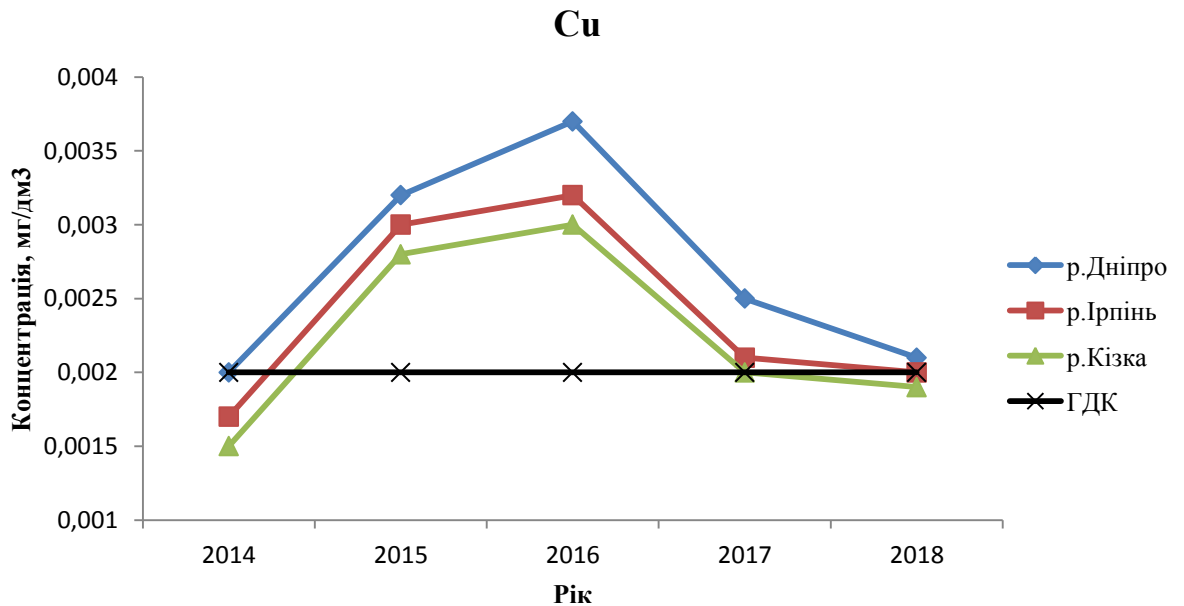


Рис. 3.7. Зміна вмісту важких металів (Cu) у системі «мала-середня-велика» (р. Кізка – р. Ірпінь – р. Дніпро)

За даними рисунку, вміст міді (Cu) стрімко зростає у другій половині 2014 року в кожній з річок системи, найвищі концентрації (перевищення норм ГДК майже в 2

рази) – у 2016 році. З 2017 року концентрації Си у водних об'єктах набувають значень ГДК та коливаються у цих межах.

### **3.2. Аналіз рівня перетворень в гідроекосистемі басейну річки Південний Буг**

До основних негативних ознак функціонування техногенно заангажованих водних екосистем гирлової ділянки річок відносяться [53]:

- втрата рівноваги між факторами живої та неживої природи і, як наслідок, порушення розвитку гідроекосистеми;
- понаднормативний вміст поліутантів (нафтопродуктів, азот-амонійних сполук, деяких сполук токсичних металів) антропогенного походження у водному середовищі;
- збільшення об'єму донних відкладів за рахунок матеріальної кумуляції, як гідрологічної ознаки наслідків урбанізації.

Прослідковується порушення зв'язків у гідроекосистемах, що сприяє формуванню екологонебезпечних ризиків їх розвитку, які в подальшому призводять до порушення стабільного функціонування.

Оскільки антропогенний вплив на річки урбанізованих територій є очікуваним, та значним, проте велика кількість приток зазнає забруднені поза межами великих міст, з агропромислових комплексів та ряд інших джерел забруднення. Система річок басейну Південний Буг є подібною до р. Дніпро, але за об'єкт дослідження взяті притоки поза межами урбанізованих територій. Це дає змогу прослідкувати динаміку зміни забрудненості річки в місті та поза ним.

Дані щодо вмісту забруднюючих речовин у ієрархічній системі річок, яка подібна до системи р. Дніпро, але з нижчим рівнем техногенного навантаження (оскільки досліджується й за межами великого міста) представлені у таблиці 3.2.

Проби води з великої річки Південний Буг відібрані на 569,5 км, 500 м нижче скиду ВОКВП ВКГ «Вінницяводоканал» (1,5 км нижче греблі Сабарівського вдсх.); з річки Рів – на 1 км (с. Могилівка) вище села; з річки Ровок (с.Шершні), вище села.

**Систематизовані дані вмісту шкідливих речовин у досліджуваних річках  
басейну р. Південний Буг (2014-2018 рр.)**

| Рік                     | Речовина  |  |  |  |                                      |                           |                           |
|-------------------------|---|--|--|--|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                         | Біохімічне<br>споживання<br>кисню за<br>5 діб,<br>мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | Амоній-<br>іони,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Нітрат-<br>іони,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Нітрит-<br>іони,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Нафтопродукти,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Fe,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Cu,<br>мг/дм <sup>3</sup> |
| <b>р. Південний Буг</b> |   |  |  |  |                                      |                           |                           |
| 2014                    | 15,800  | 0,980                                  | 6,080                                  | 0,440                                  | 0,120                                | 0,190                     | 0,021                     |
| 2015                    | 8,440   | 0,640                                  | 7,690                                  | 0,360                                  | 0,100                                | 0,210                     | 0,070                     |
| 2016                    | 5,810   | 1,030                                  | 12,270                                 | 0,690                                  | 0,090                                | 0,120                     | 0,030                     |
| 2017                    | 7,280   | 0,520                                  | 6,500                                  | 0,860                                  | 0,120                                | 0,070                     | 0,030                     |
| 2018                    | 5,900   | 0,870                                  | 5,140                                  | 0,480                                  | 0,060                                | 0,040                     | 0,020                     |
| <b>р. Рів</b>           |   |  |  |  |                                      |                           |                           |
| 2014                    | 7,750   | 0,120                                  | 4,690                                  | 0,100                                  | 0,070                                | 0,100                     | 0,009                     |
| 2015                    | 7,220   | 0,120                                  | 4,000                                  | 0,150                                  | 0,040                                | 0,160                     | 0,040                     |
| 2016                    | 5,800   | 0,140                                  | 4,700                                  | 0,470                                  | 0,030                                | 0,080                     | 0,021                     |
| 2017                    | 7,190   | 0,480                                  | 4,020                                  | 0,500                                  | 0,075                                | 0,040                     | 0,020                     |
| 2018                    | 4,920   | 0,520                                  | 4,400                                  | 0,340                                  | 0,030                                | 0,020                     | 0,008                     |
| <b>р. Ровок</b>         |   |  |  |  |                                      |                           |                           |
| 2014                    | 8,500   | 0,140                                  | 5,400                                  | 0,110                                  | 0,030                                | 0,040                     | 0,006                     |
| 2015                    | 8,350   | 0,180                                  | 2,130                                  | 0,110                                  | 0,010                                | 0,070                     | 0,017                     |
| 2016                    | 4,750   | 0,250                                  | 4,630                                  | 0,340                                  | 0,010                                | 0,050                     | 0,005                     |
| 2017                    | 4,600   | 0,510                                  | 3,770                                  | 0,300                                  | 0,057                                | 0,030                     | 0,004                     |
| 2018                    | 5,500   | 0,800                                  | 4,200                                  | 0,240                                  | 0,010                                | 0,010                     | 0,001                     |
| <b>ГДК</b>              | <b>3,000</b>  | <b>0,500</b>                           | <b>4,000</b>                           | <b>0,080</b>                           | <b>0,050</b>                         | <b>0,100</b>              | <b>0,002</b>              |

У таблиці наведено дані досліджень, речовин та показників, які, як зазначалось раніше, мають найбільш істотний вплив на стан внутрішньоводоймних процесів річок та присутні у всіх водних об'єктах, що вказує на тенденцію техногенної заангажованості басейнів річок, не залежно від місця їх протікання.

Відповідно до норм ГДК, показник БСК<sub>5</sub> має перевищення, проте за даними таблиці спостерігається зменшення з кожним роком. Амоній – іони, нітрат – іони та вміст нафтопродуктів знаходяться у межах норми в досліджуваних водних

екосистемах, окрім р. Південний Буг, де кожного року спостерігається перевищення майже в 1,5 - 2 рази. За вмістом нітрит – іонів спостерігаються перевищення на кожному ієрархічному рівні гідро екосистеми басейну р. Пд. Буг. Вміст важких металів у водних об'єктах даної системи переважно знаходиться у межах норми, окрім перевищення значення вмісту Cu у великій та середній річках.

Оскільки екосистема річок басейну Дніпра досліджувалась за показниками вмісту БСК<sub>5</sub>, амоній –, нітрат – та нітрит – іонів, а також нафтопродуктів і важких металів, ті ж дані збирались і для аналізу забрудненості річок басейну р. Південний Буг. Узагальнені результати щодо динаміки зміни їх з роками, представлені на рисунках.

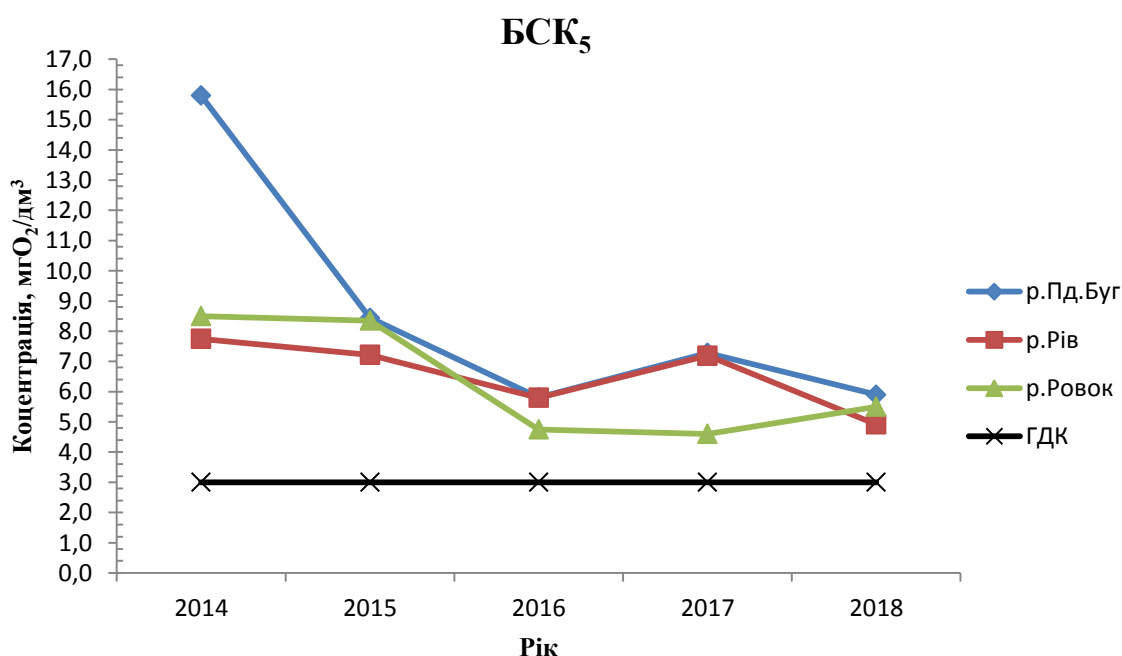


Рис. 3.8. Зміна показника БСК<sub>5</sub> у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р. Рів – р. Пд. Буг)

Як зазначено на рисунку, показник БСК<sub>5</sub> мав значні перевищення у 2014 році в поверхневих водах р. Південний Буг, що могло створити гіпоксичні умови і загибель окремих видів організмів, які постійно живуть у водному середовищі. З 2015 року показник набуває значення близького до значень середніх та малих річок, що свідчить про суттєве покращення якості вод, але значення БСК<sub>5</sub> мають перевищення в 1,5-2 рази у всій системі, протягом досліджуваного періоду.

Показник характеризує стан забруднення водних об'єктів, основними індикаторами якого є вміст органічних речовин та амонійних сполук, від яких у значній мірі залежать умови для збереження необхідного рівня вмісту кисню у річках.

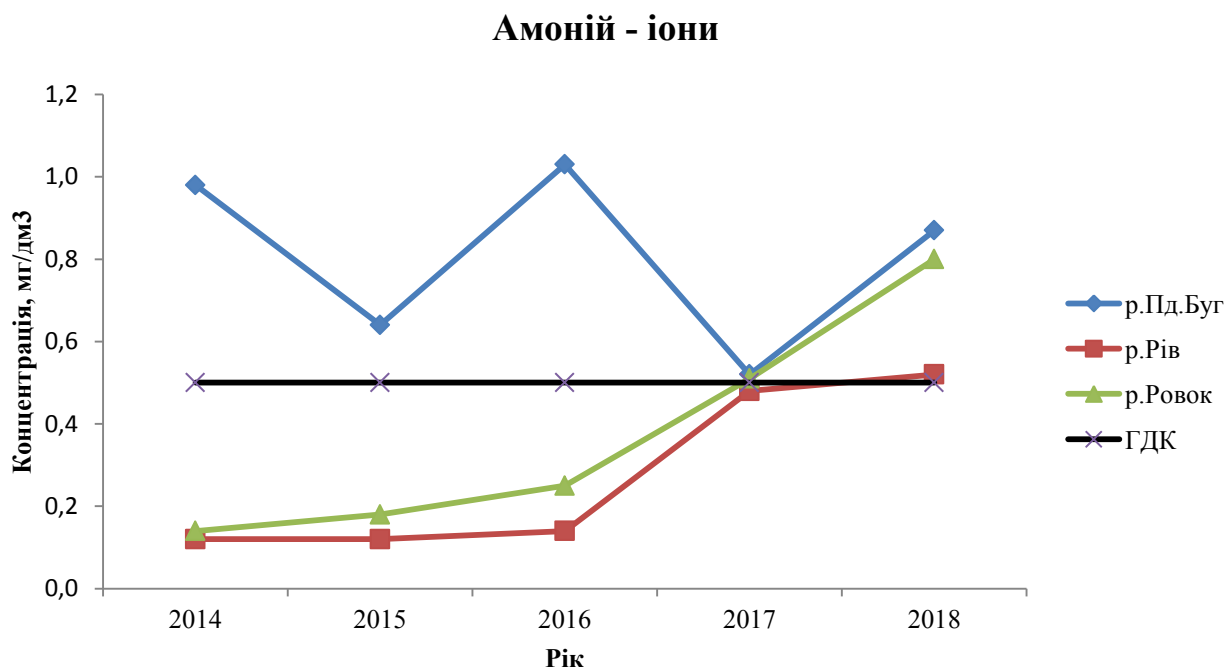


Рис. 3.9. Зміна концентрацій амоній - іонів у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р. Рів – р. Пд. Буг)

За даними досліджень, концентрація амоній-іонів в малій та середній річках не перевищувала норм ГДК протягом 2014-2017 рр. З 2017 року в річці Ровок концентрації коливаються в межах норми; у водах р. Рів концентрації збільшуються та наближаються до значень р. Південний Буг. У великій річці досліджуваної системи коливання вмісту амоній іонів відбувається циклічно, кожного року, що свідчить про надмірне забруднення та залежності концентрацій від пори року і кліматичних змін.

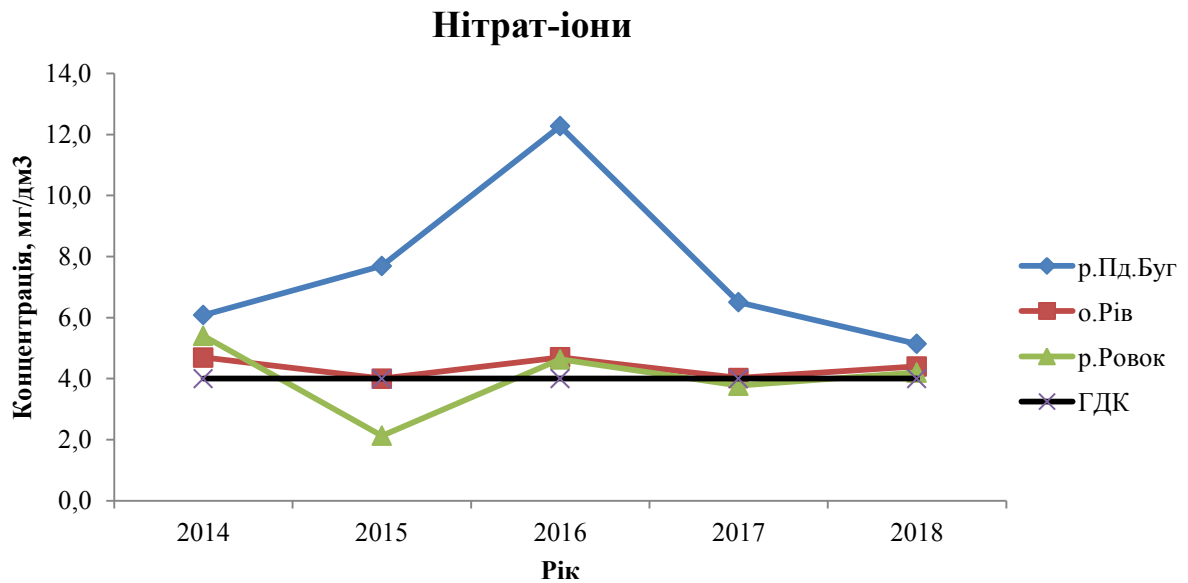


Рис. 3.10. Зміна концентрацій нітрат - іонів у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р. Рів – р. Пд. Буг)

Концентрація нітрат-іонів у водах досліджуваної системи має не рівномірний характер розподілу та не залежить від ієрархії річок. У малій та середній річці відбуваються коливання в межах норми; у водах великої річки наявне постійне перевищення норм ГДК зі значним збільшенням концентрації у 2016 році. З 2018 року значення концентрацій нітрат-іонів у річках усіх ієрархічних рівнів системи наближається до безпечних значень.

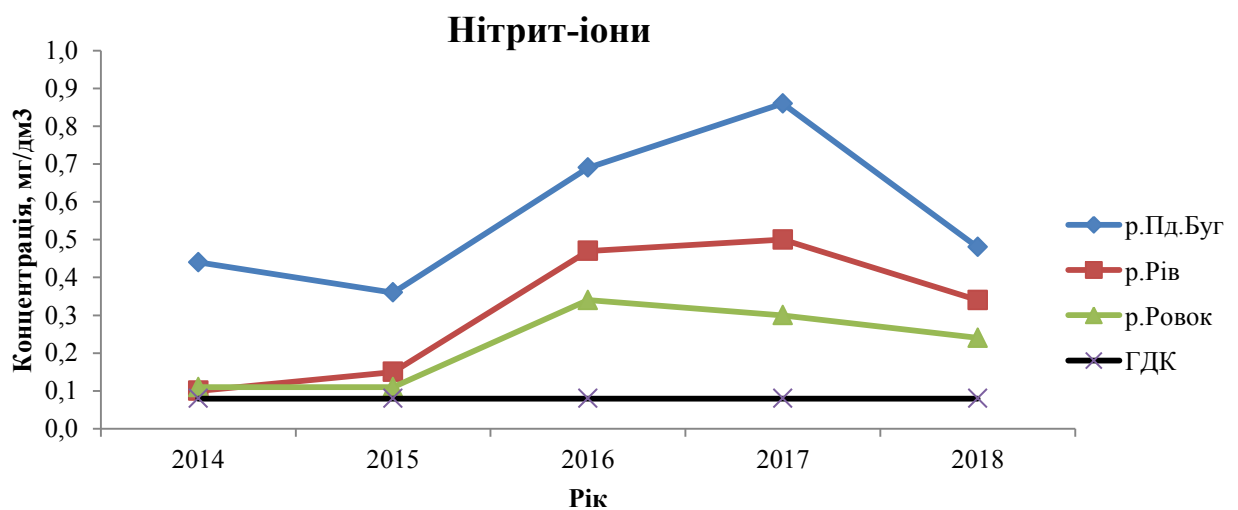


Рис. 3.11. Зміна концентрацій нітрит - іонів у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р. Рів – р. Пд. Буг)

З наведеного графіка видно залежність концентрації нітрит-іонів від збільшення ієрархічного рівня річки. Найбільші значення у водоймах зафіксовані у 2017 році. Велика різниця між концентраціями у р. Південний Буг та його притоках (р. Рів та р. Ровок) свідчить про надмірну техногенну заангажованість річки.

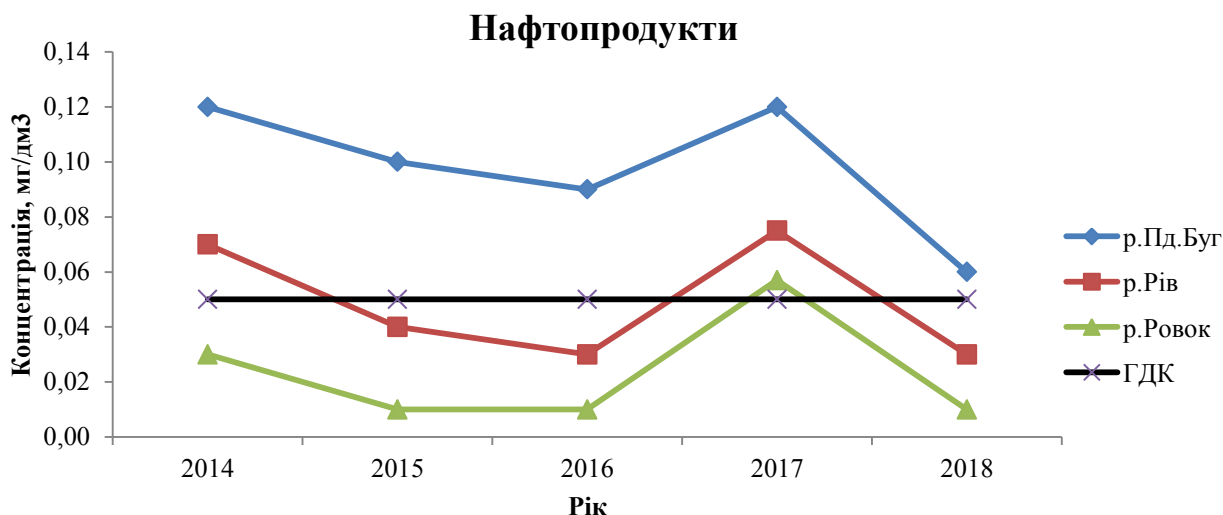


Рис. 3.12. Зміна вмісту нафтопродуктів у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р. Рів – р. Пд. Буг)

Вміст нафтопродуктів у річках басейну р. Південний Буг переважно перебуває в межах норми ( мала та середня річки), окрім стрімкого зростання у 2017 році. Динаміка зміни вмісту нафтопродуктів у великій річці вказує на покращення умов очищення вод басейну та наближення показників вмісту забруднило до норм ГДК.

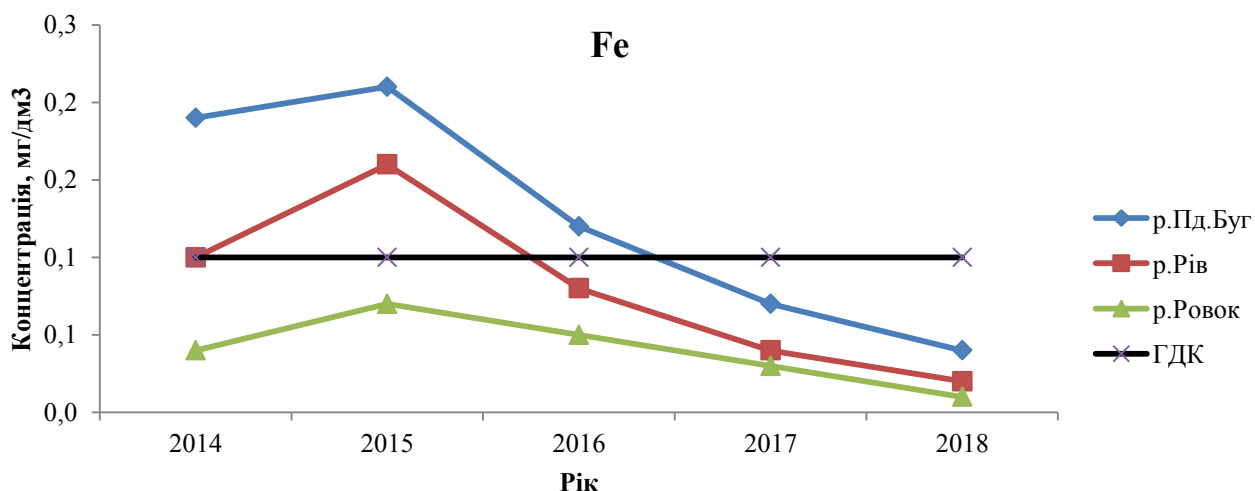


Рис. 3.13. Зміна вмісту важких металів (Fe) у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р.Рів – р. Пд.Буг)



За даними вмісту Fe у досліджуваних річках, спостерігається значне зменшення концентрації забруднила. Приведення показників у всіх річках системи до норм ГДК відбулося у 2016 році. В останні роки перевищення не фіксуються.

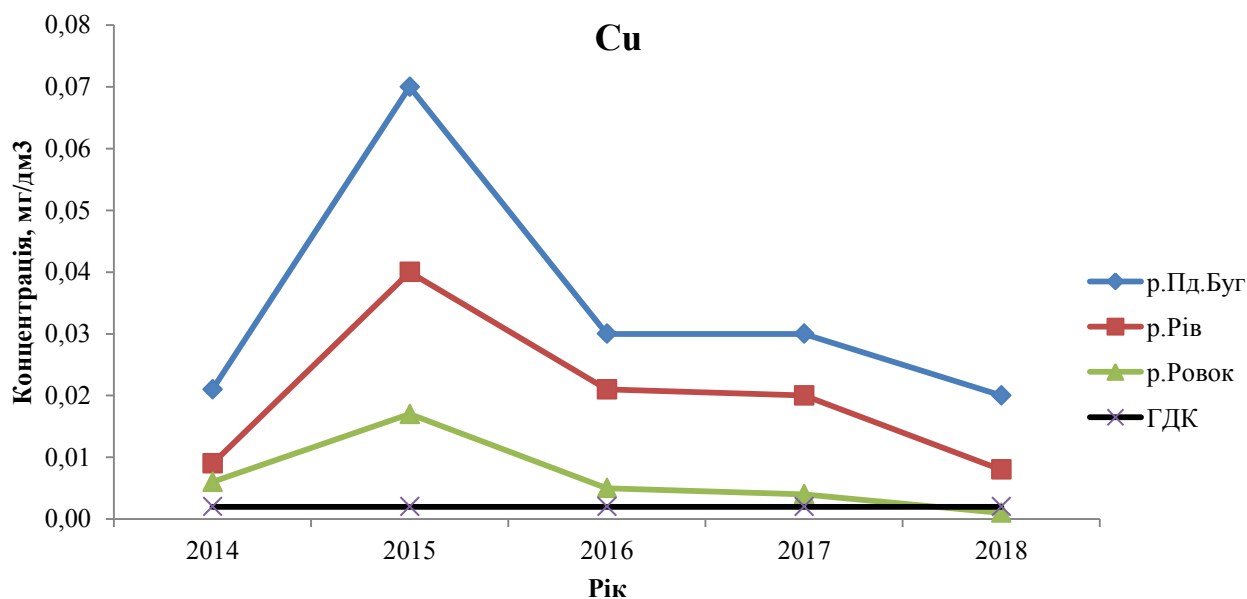


Рис. 3.14. Зміна вмісту важких металів (Cu) у системі «мала-середня-велика» (р. Ровок – р. Рів – р. Пд. Буг)

Динаміка вмісту Cu має однаковий характер коливання (у 2014-2016 рр.) та тенденцію до зменшення та приведення вмісту міді до норм ГДК (з 2016 року) у всіх річках досліджуваної системи, що свідчить про ієрархічний зв'язок між ними та можливість покращення їх стану.

### 3.3. Висновки до розділу

Основними причинами погіршення стану гідроекосистем є забруднення їх зворотними водами промислових підприємств та комунальних господарств, поверхневим стоком з урбанізованих територій, промислових об'єктів, транспортних шляхів та сільськогосподарських угідь. Значно на погіршення стану поверхневих вод впливає недотримання норм щодо водоохоронних зон, великої

розораності водозборів, антропогенної дії в межах заплав, трансформації та каналізування русла, створення меліоративних систем.

Результати систематизації та порівняння даних вмісту найбільш поширених шкідливих речовин в системі «мала – середня - велика» басейнів річок Дніпро та Південний Буг свідчать про перевищення норм ГДК на кожному рівні ієрархії. Але найбільшого антропогенного впливу зазнають великі річки, через те, що переважна їх частина знаходиться в межах великих міст. Через те, що малі річки проходять урбанізованими територіями, або їх окраїнами, надходження забрудників та їх концентрація не зменшується, навпаки, самоочисна спроможність малих річок не витримує таких навантажень, що зумовлює перенесення основних мас забруднень у води середньої річки. При надходженні забруднених вод з середньої до гирла великої річки, їх концентрації сумуються з вже наявними в ній поліутантами, що призводить до техногенної за ангажованості усієї системи та надмірного забруднення гідро екосистеми.

## РОЗДІЛ 4

### ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ

#### 4.1. Зміна концентрацій забруднюючих речовин гідроекосистем у часі

Оскільки, середня річка є зв'язувальною ланкою між малою та великою річками, на неї чиниться не тільки зовнішнє антропогенне навантаження, а й надходять забруднені води приток. Для дослідження було обрано середню річку – Ірпінь, притоку Дніпра, оскільки попередні розрахунки, екологічного індексу та дані класу якості вод, вказують на перенавантаженість річки забрудниками. Проби було відібрано з двох точок: 0.1 км річки, гирло, с. Козаровичі (1) та 28 км, смт Гостомель в місці впливу вод р. Буча (2) та проаналізовано на динаміку зміни в просторі та часі концентрацій основних забрудників – амоній-іонів, завислих речовин, показник БСК<sub>5</sub> та нітрит-іони. Результати досліджень представлені на рисунках. Дослідження проводились на вміст завислих речовин, динаміку зміни показників БСК<sub>5</sub> та концентрацій амоній- і нітрит – іонів.

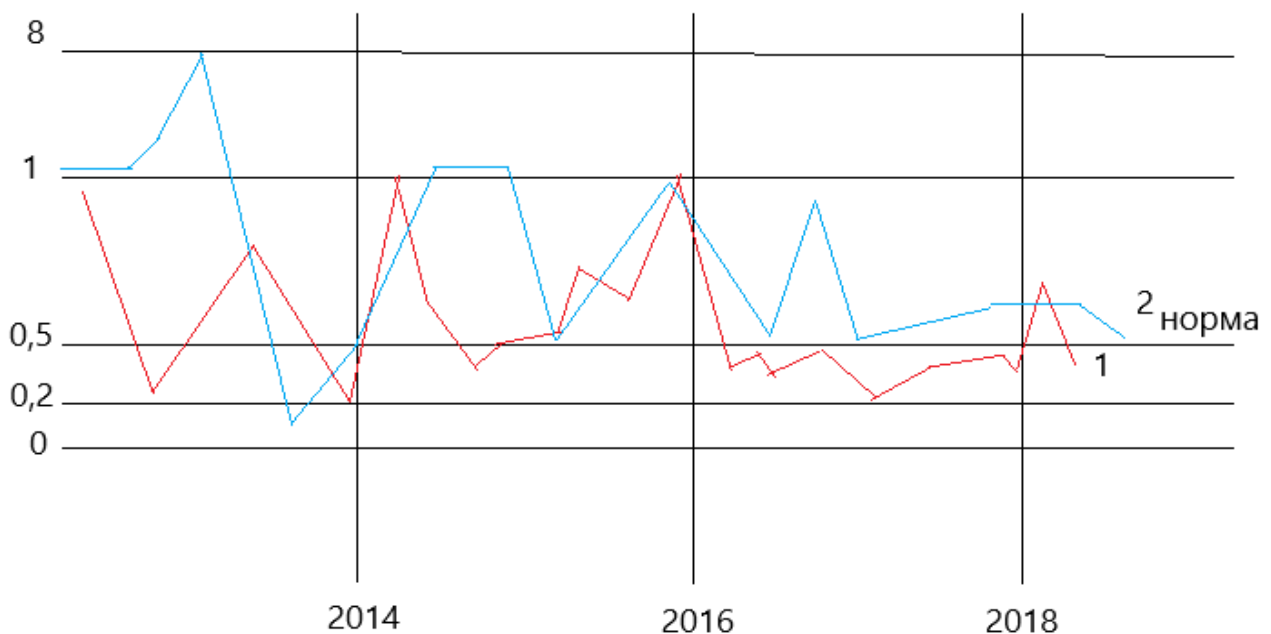


Рис. 4.1. Динаміка зміни концентрації амоній-іонів у р. Ірпінь

Згідно з результатами досліджень обох контрольних точок, найбільші концентрації амоній-іонів у р. Ірпінь фіксуються в першій половині 2014 року та 2015 році. Стрімке зменшення та коливання в межах норм ГДК починається з 2017 року, що свідчить про ефективність впровадження природоохоронних заходів.

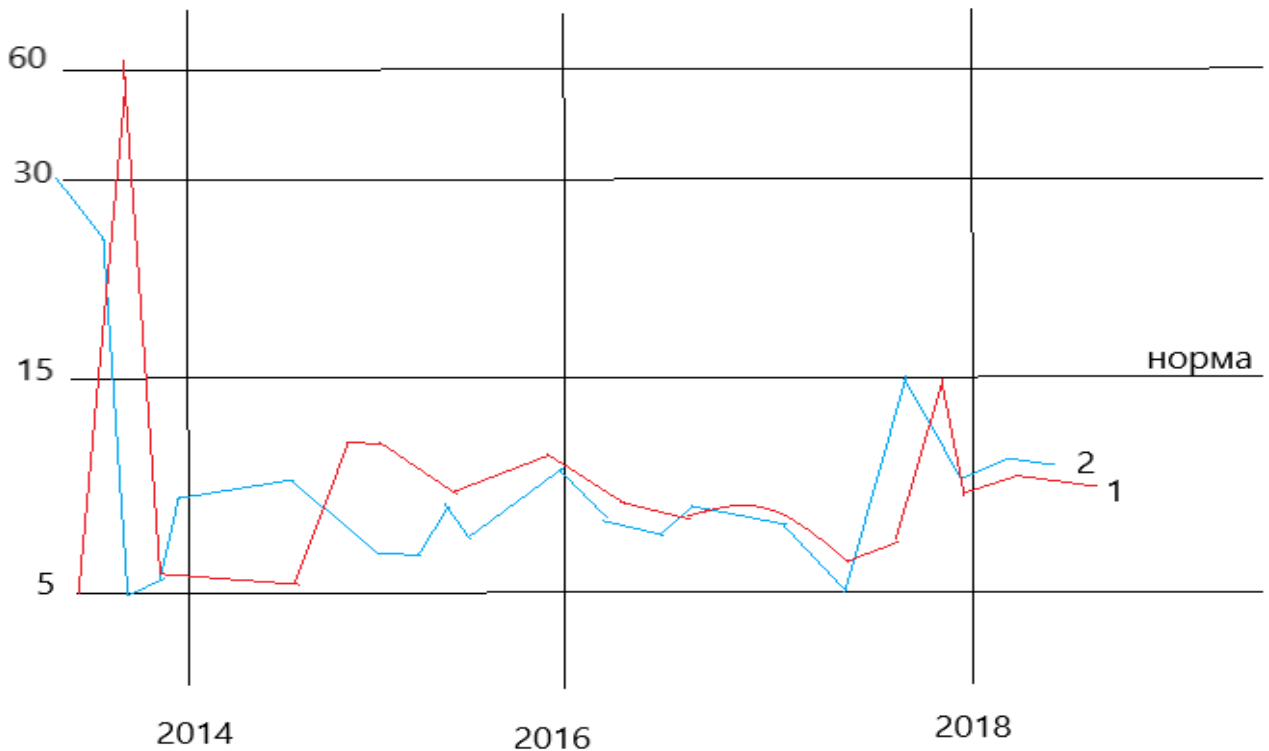


Рис. 4.2. Динаміка зміни вмісту завислих у р. Ірпінь

Завислі речовини досліджувались, як такі, що є ознакою перенавантаженості річкової екосистеми. Надмірний вміст завислих речовин зафіксовано у першій половині 2014 році (перевищення норм ГДК у 2,5 рази) у точці 1. У точці відбору 2, в той самий період фіксувалось перевищення норми у 2 рази. Природоохоронні заходи вже у середині 2014 року значно зменшили навантаження на водну екосистему річки. За останні роки значних перевищень норм ГДК за вмістом завислих речовин у р. Ірпінь не фіксувалось.

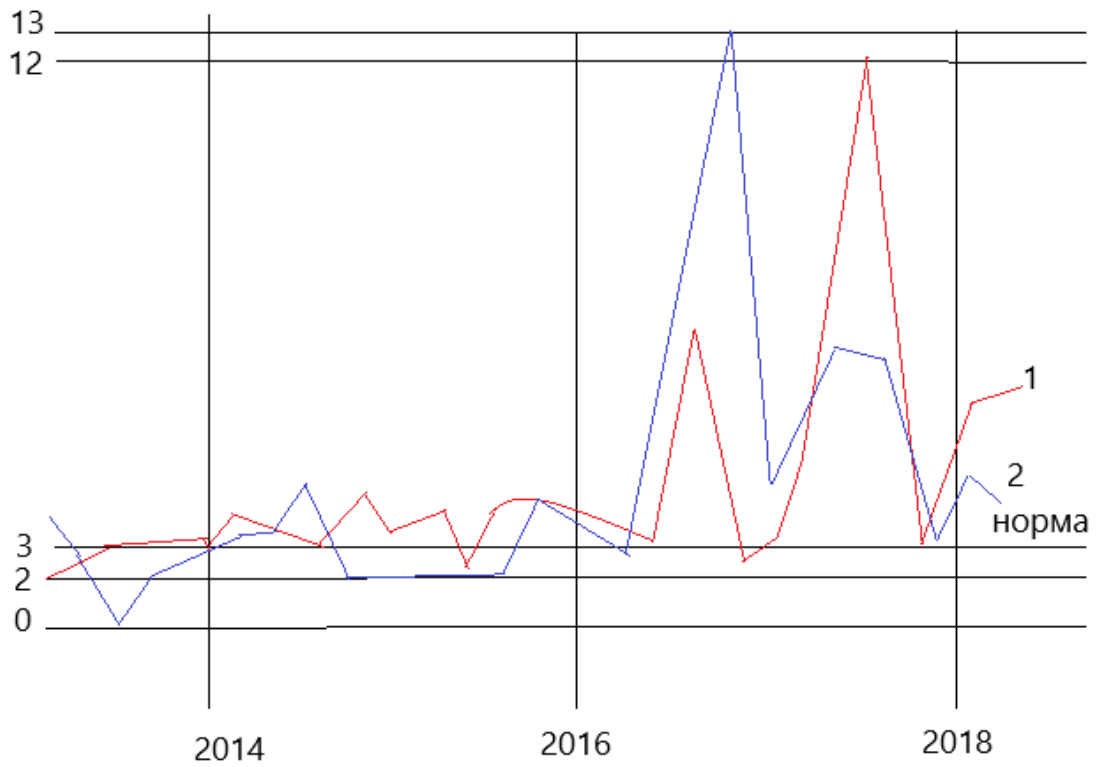


Рис. 4.3. Динаміка зміни показника БСК<sub>5</sub> у р. Ірпінь

Дослідження показника БСК<sub>5</sub> у контрольних точках дає змогу прослідкувати негативну динаміку до наднормових значень у 2016 - 2017 роках , що свідчить про техногенну заангжованість та перенавантаженість річки.

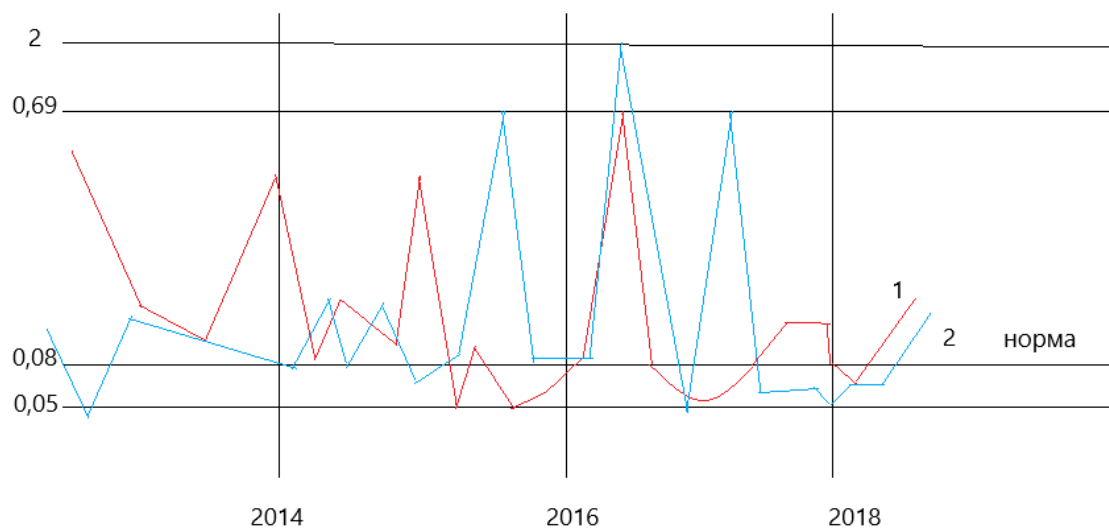


Рис. 4.4. Динаміка зміни концентрації нітрит-іонів у р. Ірпінь

Динаміка зміни концентрації нітрит іонів у контрольній точці 2 у період з 2013 до 2015 року коливалась в межах норм ГДК. Проте з першої половини 2016 року значення концентрацій в обох точках набули подібних значень. Значні коливання вказують на залежність концентрації нітрит – іонів у водах річки від пори року.

#### 4.2. Перерозподіл забруднюючих речовин у просторі гідроекосистеми

Характер переходу поллютантів у просторі, складовими якого є джерело, донні відклади, вода, біота та берег, представлені на рисунку 4.5.

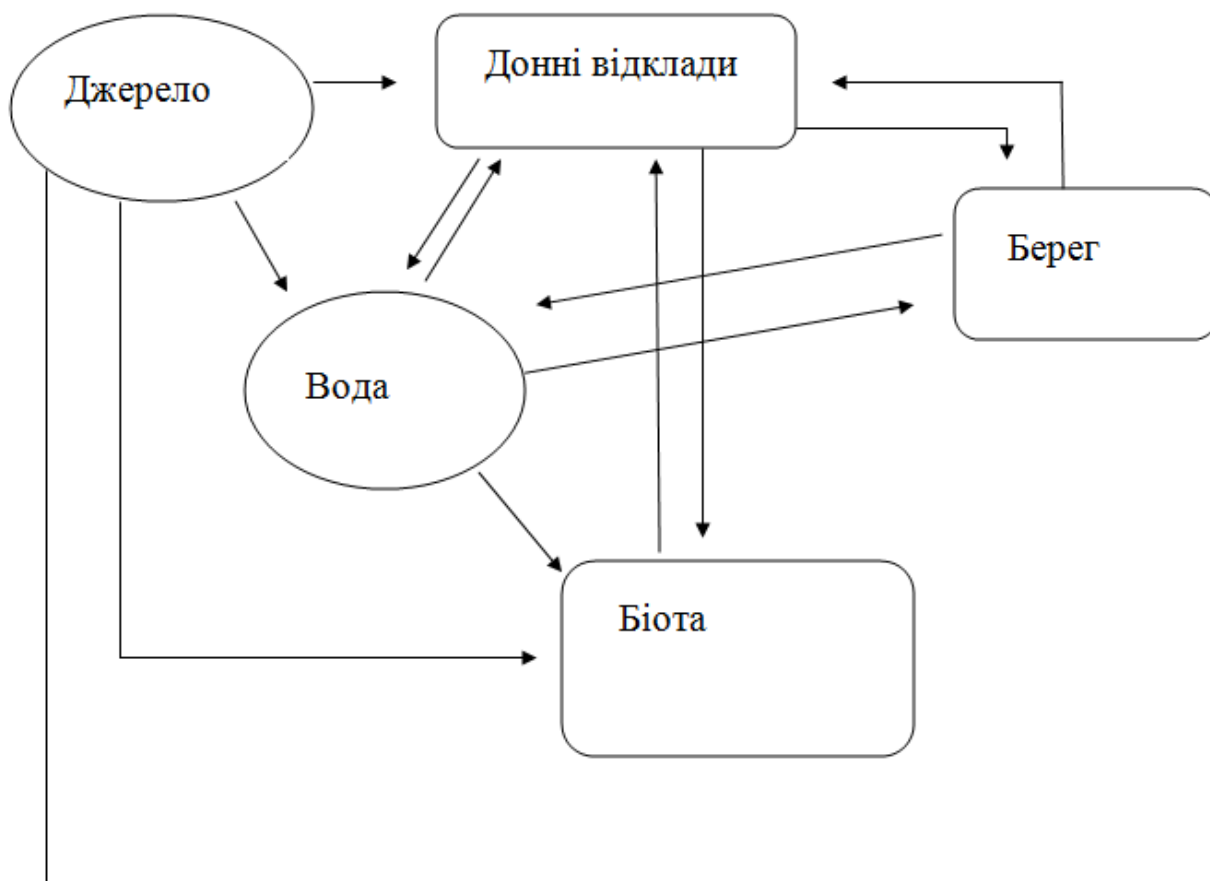


Рис. 4.5. Система взаємодії середовищ водної екосистеми при надходженні забруднюючих речовин

Система сформована на основі даних аналізу переходу забруднюючих речовин у гідроекосистемі та вказує на непереривну взаємодію усіх компонентів середовища,

що підтверджує доцільність застосування системного підходу при вивченні басейнів річок та проектування моделі.

Для побудови моделі перерозподілу шкідливих речовин у водному середовищі, було також обрано середню річку Ірпінь та основні забруднюючі речовини її поверхневих вод, які є типовими для річок усіх басейнів урбанізованих територій, зокрема р. Дніпро та р. Південний Буг.

Кожна зі складових, порядкове умовне позначення (табл.4.1):

Таблиця 4.1

**Умовні позначення до моделі**

| <b>Складові</b> | <b>Позначення</b> |
|-----------------|-------------------|
| Джерело         | C0                |
| Донні відклади  | C1                |
| Вода            | C2                |
| Біота           | C3                |
| Берег           | C4                |

Також, для зручності побудови алгоритму запропонованої моделі перерозподілу, взаємодії складових між собою виражено позначеннями (табл.4.2):

Таблиця 4.2

**Взаємодія складових та їх позначення у моделі**

| <b>Взаємодія складових</b> | <b>Позначення</b> |
|----------------------------|-------------------|
| Джерело-донні відклади     | a01               |
| Джерело-вода               | a02               |
| Джерело - біота            | a03               |
| Джерело - берег            | a04               |
| Донні відклади-вода        | a12               |
| Вода-донні відклади        | a21               |
| Донні відклади-біота       | a13               |
| Біота-донні відклади       | a31               |
| Донні відклади - берег     | a14               |
| Берег-донні відклади       | a41               |
| Вода-берег                 | a24               |
| Берег-вода                 | a42               |
| Вода-біота                 | a23               |

## Вихідні дані за вмістом нафтопродуктів

| Взаємодія складових | Концентрація нафтопродуктів, мг/дм <sup>3</sup> |
|---------------------|---|
| a01                 | 0,01  |
| a02                 | 0.009   |
| a03                 | 0.042   |
| a04                 | 0,002   |
| a12                 | 0,021   |
| a21                 | 0,0012  |
| a13                 | 0,01  |
| a31                 | 0,022   |
| a23                 | 0,041   |
| a14                 | 0,001   |
| a41                 | 0,0012  |
| a24                 | 0,002   |
| a42                 | 0,014   |

Згідно з дослідженнями та моніторинговими даними вмісту нафтопродуктів у кожній зі складових досліджуваної гідроекосистеми, можна оцінити характер розподілу забруднюючих речовин у водному середовищі та виділити ділянки, на які треба в першу чергу звернути увагу при розробці природоохоронних заходів та впровадження систем очистки, для мінімізації концентрацій забрудника у річках.

Відсоткове співвідношення накопичення нафтопродуктів у складових:

$$C := \begin{pmatrix} 60 \\ 20 \\ 10 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$



Загальний вигляд системи розрахунку даної моделі:

$$D1(t, C) := \begin{pmatrix} -a_{01} \cdot C_1 - a_{02} \cdot C_2 - a_{03} \cdot C_3 - a_{04} \cdot C_4 \\ a_{01} \cdot C_0 - a_{12} \cdot C_2 + a_{21} \cdot C_1 - a_{13} \cdot C_3 + a_{31} \cdot C_3 - a_{14} \cdot C_4 + a_{41} \cdot C_4 \\ a_{02} \cdot C_0 + a_{12} \cdot C_1 - a_{21} \cdot C_1 - a_{24} \cdot C_4 + a_{42} \cdot C_4 - a_{23} \cdot C_3 \\ a_{03} \cdot C_0 + a_{23} \cdot C_2 + a_{13} \cdot C_1 - a_{31} \cdot C_1 \\ a_{04} \cdot C_0 - a_{42} \cdot C_2 + a_{24} \cdot C_2 + a_{14} \cdot C_1 - a_{41} \cdot C_1 \end{pmatrix} \quad (4.1.)$$

F1 := rkfixed(C, 0, 20, 1000, D1)

t := F1<0> C0 := F1<1> C1 := F1<2> C2 := F1<3> C3 := F1<4> C4 := F1<5>

Задавши відповідні дані концентрацій та встановивши період, для якого розглядається забруднення (у всіх випадках моделюється прогноз накопичення або розповсюдження 20 років), отримуємо дані перерозподілу забруднюючих речовин у досліджуваному середовищі.

Модель поведінки нафтопродуктів у гідро екосистемі річки Ірпінь представлена на рис.4.6.

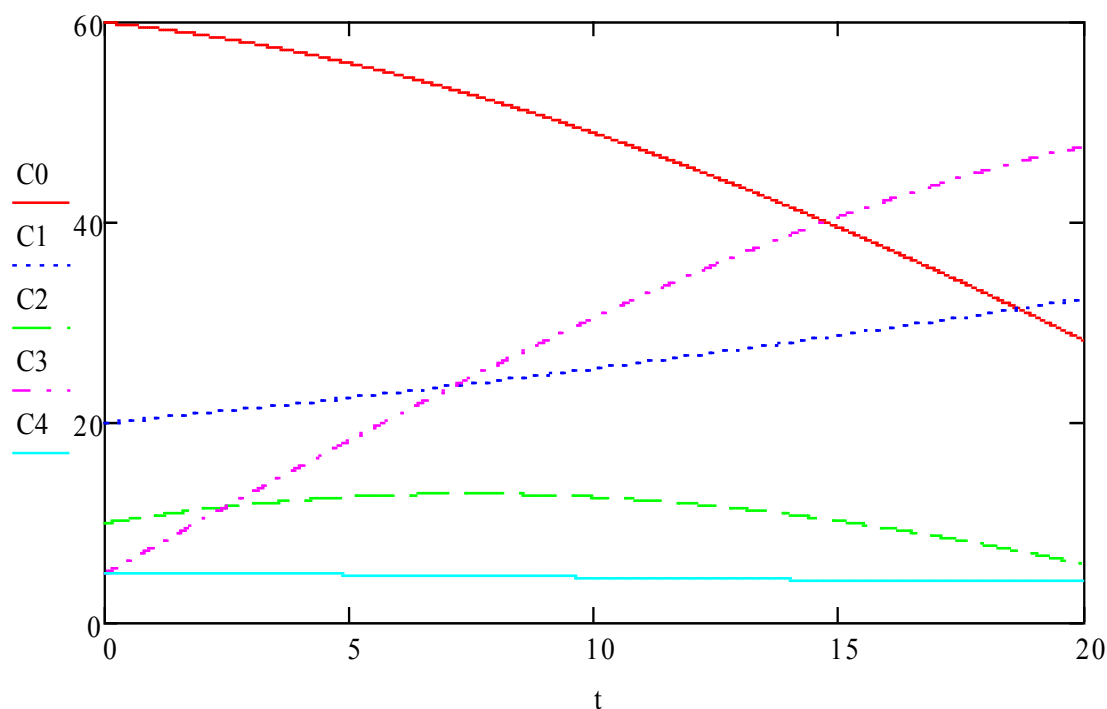


Рис. 4.6. Модель перерозподілу нафтопродуктів у камерах досліджуваної системи.

Згідно графіків, дослідивши кожен компонент (складову моделі) на характер та поведінку у них нафтопродуктів, прослідковується тенденція до накопичення забрудника на поверхні вод, значний вплив на біоту, значно зменшуючи її чисельність, а також накопичуються у донних відкладах водойми, внаслідок відмирання живих організмів. Вплив нафтопродуктів на прибережні ділянки незначний та коливається, залежно від пори року.

Модель для дослідження вмісту (таблиця 4.4) та міграції у водному середовищі заліза представлена на рис.4.7.

Таблиця 4.4

**Вихідні дані за вмістом заліза**

| <b>Взаємодія складових</b> | <b>Вміст Fe, мг/дм<sup>3</sup></b> |
|----------------------------|------------------------------------|
| a01                        | 0,2                                |
| a02                        | 0,15                               |
| a03                        | 0,2                                |
| a04                        | 0,1                                |
| a12                        | 0,11                               |
| a21                        | 0,1                                |
| a13                        | 0,06                               |
| a31                        | 0,3                                |
| a23                        | 0,21                               |
| a14                        | 0,05                               |
| a41                        | 0,05                               |
| a24                        | 0,1                                |
| a42                        | 0,12                               |

Перерозподіл Fe при його потраплянні у поверхневі води є переважно рівномірним, оскільки вражає усі компоненти гідроекосистеми та концентрується абсолютно у кожній її складовій, з часом, переважно осідаючи на дні та впливаючи на біоту.

Відсоткове співвідношення накопичення Fe у камерах:

$$C := \begin{pmatrix} 36.2 \\ 32.5 \\ 21.3 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$

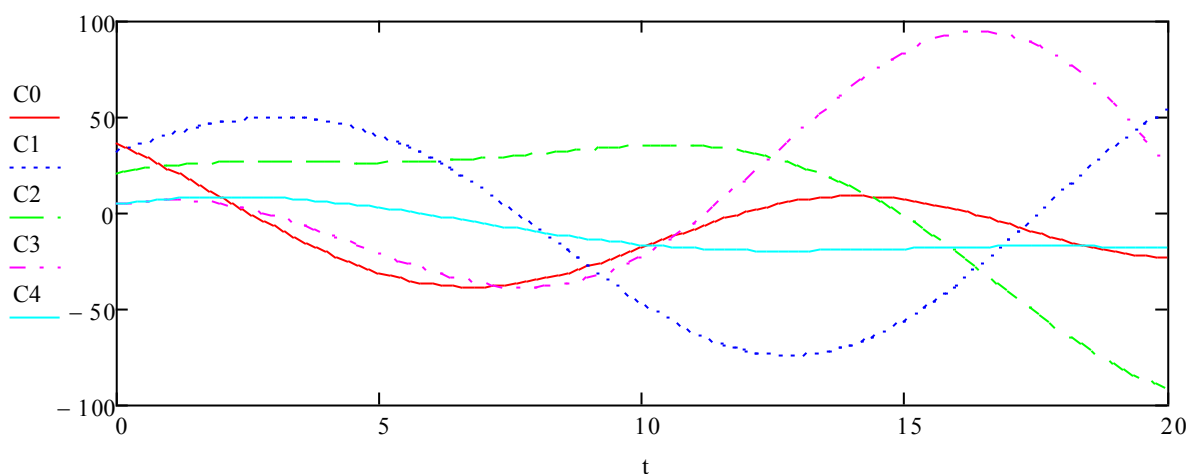


Рис. 4.7. Модель перерозподілу іонів заліза у камерах досліджуваної системи

Створена модель вказує на нестабільний характер перерозподілу та значні коливання у камерах, проте, можна припускати циклічність, оскільки частота коливань з роками повторюється. Найбільш стабільним компонентом середовища є берег, оскільки до нього потрапляє найменша частина забрудника. Залізо активно мігрує у всіх компонентах та має досить інтенсивний характер перерозподілу, що вказує на значний негативний вплив на гідроекосистему річки Ірпінь.

Одним з найбільш поширених забрудників, який можна помітити неозброєним оком є тверді часточки, що представлені у вигляді зависей в товщі води (табл.4.5) на рис.4.8.

Таблиця 4.5

**Вихідні дані концентрації завислих речовин**

| <b>Взаємодія складових</b> | <b>Концентрація завислих речовин , мг/дм<sup>3</sup></b> |
|----------------------------|--|
| 1                          | 2  |
| a01                        | 0,1  |
| a02                        | 0,46   |
| a03                        | 0,21   |
| a04                        | 0,2  |
| a12                        | 0,05   |
| a21                        | 0,2  |
| a13                        | 0,1  |
| a31                        | 0,01   |

| 1   | 2     |
|-----|-------|
| a23 | 0,012 |
| a14 | 0,1   |
| a41 | 0,14  |
| a24 | 0,22  |
| a42 | 0,14  |

Завислі речовини були обрані для дослідження, як забрудник, який присутній у всіх гідроекосистемах. Оскільки до завислих речовин відносять частки глини, дрібного піску, мулу, планктонних організмів, решток водних рослин. Будь які природні перетворення провокують підвищений вміст завислих речовин у поверхневих водах. Їх концентрація зумовлюється сезонними факторами, режимом стоку, ерозією ґрунтів і гірських порід, помутнінням донних відкладів, продуктами метаболізму та розкладу гідробіонтів, скидами стічних вод.

Відсоткове співвідношення накопичення завислих речовин у складових досліджуваної системи:

$$C := \begin{pmatrix} 31 \\ 10.3 \\ 29.7 \\ 9 \\ 20 \end{pmatrix}$$

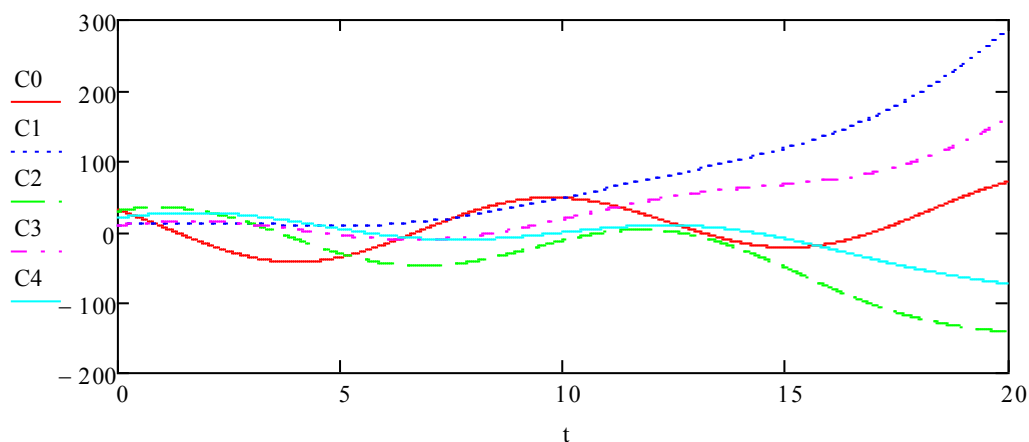


Рис. 4.8. Модель перерозподілу завислих речовин у складових досліджуваної системи.

Отриманий графік вказує на зміни у компонентному складі гідро екосистеми, вплив понаднормового вмісту зависей на кожен досліджуваний її компонент, тенденцію до збільшення надходження із забрудника та накопичення.

Вміст нітритів, як показника надмірної заангажованості поверхневих вод представлено у табл.4.6, на основі чого проектувалась модель динаміки їх перерозподілу (рис.4.9).

Таблиця 4.6

**Вихідні дані концентрації нітрит-іонів**

| <b>Взаємодія складових</b> | <b>Вміст нітрит-іонів, мг/дм<sup>3</sup></b> |
|----------------------------|--|
| a01                        | 0,01   |
| a02                        | 0,06   |
| a03                        | 0,1  |
| a04                        | 0,002  |
| a12                        | 0,021  |
| a21                        | 0,0012                                       |
| a13                        | 0,01   |
| a31                        | 0,022  |
| a23                        | 0,041  |
| a14                        | 0,001  |
| a41                        | 0,0012                                       |
| a24                        | 0,002  |
| a42                        | 0,014  |

Вміст нітрит- іонів має сезонний характер та взаємодіє з усіма компонентами системи, концентруючись у них та провокуючи негативні зміни в режимах водних об'єктів.

Відсоткове співвідношення накопичення нітрит-іонів у камерах:

$$C := \begin{pmatrix} 60 \\ 20 \\ 10 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$

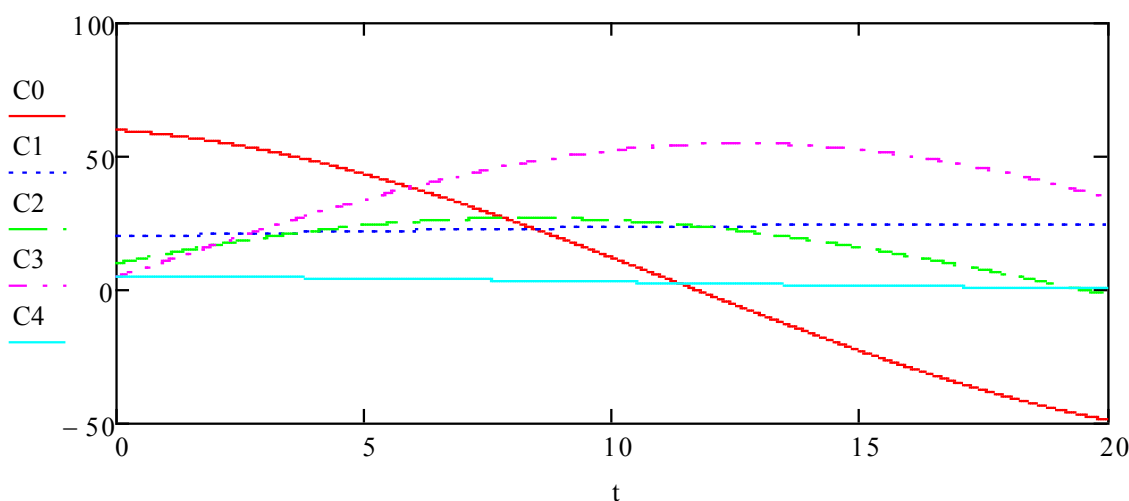


Рис. 4.9. Модель перерозподілу нітрит-іонів у камерах досліджуваної системи.

Модель вказує на надмірний вміст нітрит-іонів у донних відкладах р. Ірпінь, де вони є найбільш розповсюдженими, джерело шкідливих речовин може діяти на гідроекосистему значний час ( у цьому випадку, приблизно 10 років), чого достатньо для докорінного змінення режиму водойм та зменшення її самоочисної спроможності.

### 4.3. Рекомендації для покращення стану водних об'єктів

Особливу увагу слід приділяти очищенню води від важких металів та нафтопродуктів, які є специфічними забрудниками для урбанізованих територій, через те, що становлять найбільшу загрозу для функціонування гідроекосистем через свої фізико-хімічні та біологічні властивості.

Для запобігання забруднення річок солями важких металів та мінімізувати їх надходження зі стічними водами, необхідна низка природоохоронних заходів.

Головними процесами, що знижують концентрацію нітратів, є споживання їх денітрифікуючими бактеріям і фітопланктоном, які при недостатчі кисню використовують кисень нітратів для окислювання органічних речовин [21].

Біологічне очищення є основним методом очистки стічних вод від сполук  $\text{NH}_4^+$ , так можна зменшити надходження забрудника на 20-40 %, проте через споруди біологічного очищення також можуть надходити біогенні елементи. В такому випадку ефективно очищення води можливе за концентрації у ній  $\text{NH}_4^+$  не більше 15–20 мг/л. Тому найдоцільнішим методом вважається адсорбційний з використанням природного цеоліту, оскільки дозволяє вилучити навіть залишки іонів амонію не тільки з природних, а й зі стічних вод [20].

Але біоінженерні системи, що застосовують для стабілізації якісного стану водойм мають недолік – результатом їх застосування є лише покращення поверхневого шару води, не очищаючи при цьому донні відклади, які згодом стають джерелом вторинного забруднення вод.

Значний вплив на гідроекосистему річок призводить до зниження інтенсивності внутрішньоводоймних процесів, на що вказує низький рівень коефіцієнта самоочищення водойм та III–IV класом якості вод.

Результати досліджень вказують на те, що одним з основних забруднювачів басейнів великих річок є їх притоки, а саме мале та середні річки. Тому, для поліпшення якісного стану річок доцільним є в місці найінтенсивнішого надходження поллютантів (скид зворотних вод від підприємств та місць впадіння річок) в річкову мережу впровадити розроблену запатентовану водоохоронну систему – комплексну біоінженерну систему (біосистема) [54]. Споруда розроблена Писанко Я.І та Маджд С.В. у співпраці з провідними спеціалістами в галузі очистки природних вод (Удод В.М. та Міхеєвим О.М.). Дана біоінженерна система є поєднанням природного берегового та штучного наплавного біоплато. За рахунок інтенсивного самовідновлення поверхневого, придонного шару води та донних

відкладів, це сприяє підвищенню ефективності процесів очищення всіх складових гідроекосистеми річки та забезпечує їх екозбалансований розвиток.

Саме ці асоціації водних рослин рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia L.*), комиш озерний (*Scirpus palustris L.*) та очерет (*Phragmites australis (Cav.) Trin*) можуть бути використані в якості природного берегового біоплато, як частина комплексної біоінженерної системи, оскільки на ділянках річок, від місця розсіювання скидних вод підприємств до місця впадання в більшу річку, частина берегової смуги вкрита саме рослинами цих видів.

Природне біоплато представляє собою зарості вищих водних рослин і є біологічним фільтром очищення поверхневих скидних вод, що надходять до прибережної смуги та блокують підходи до річки, захоплюючи забруднені потоки не великого об'єму, що впадають у водойму, а також трансформують складні з'єднання поллютантів у легкодоступні для засвоєння біоценозом гідроекосистеми.

Водні рослини накопичують важкі метали безбар'єрним принципом, і містять їх у концентраціях, що значно перевищують концентрацію важких металів у воді. Верхня частина рослин наплавного біоплато, практично повністю занурена, за рахунок чого стебла та листки покриті слизом (для збільшення площі спеціально було обрано рдесник пронизанолистий, який має розгалужені листки). На них здійснюється затримка зважених часток, що містяться у воді. Комплексна біосистема (рис. 4.10) функціонує таким чином: шар біологічного завантаження берегового та наплавного біоплато, що складаються з біомаси гідрофітів та гідатофітів, поглинають поллютанти з навколишнього середовища, такі як радіонукліди, важкі метали та інші токсичні сполуки зі стічних вод, за рахунок кореневої системи рослин. На поверхні завантаження та кореневій системі рослини у біоплато утворюється бактеріоперифітон, який виконує деструкцію органічних речовин, біоплівка, в якій розвиваються різні мікроорганізми, а завдяки надходженню кисню в біоплато утворюються численні аеробно-анаеробні зони. ВВР в процесі життєдіяльності насичують воду киснем, що створює умови для аеробних мікроорганізмів, які мінералізують органічні забруднення. Розчинні органічні речовини видаляються в процесі адсорбції, поглинання і діяльності мікроорганізмів.



Корені рослин через патрубки проростають і укорінюються на дні, тим самим поглинаючи політанти із донних відкладів за участю всіх складових ризосферного біоценозу.

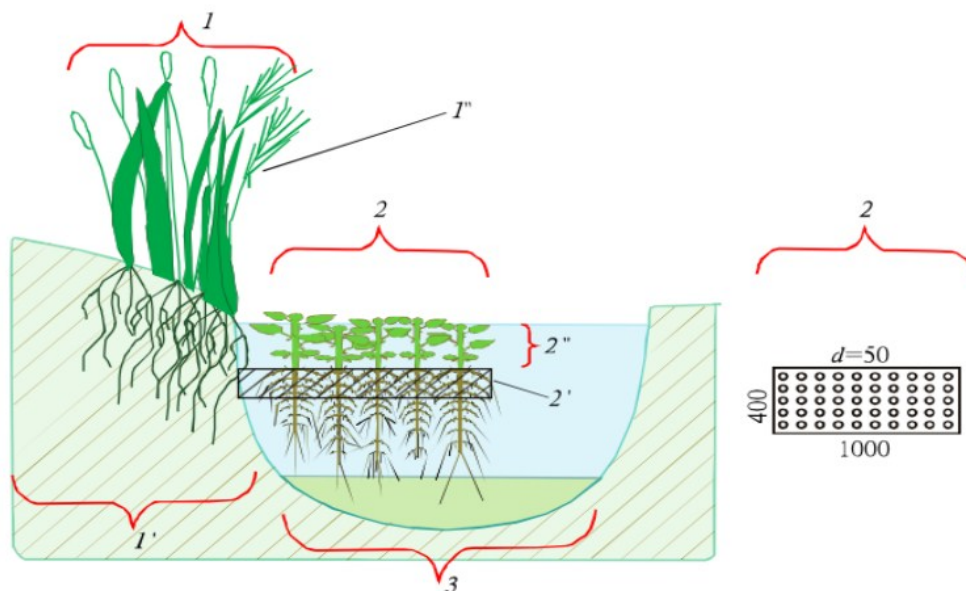


Рис. 4.10. Схема комплексної інженерної біосистеми – біоплато

1 – берегове біоплато, 1' – прибережна зона, 1'' – рослини гідрофіти; 2 – наплавне біоплато, 2' – решітка із синтетичного матеріалу з патрубками для рослин гідрофітів, 2'' – занурена у товщу води частини рослин; 3 – дно річки.

Оскільки значна частина забрудників, що потрапляють у водойми осідає на дно та накопичується, перевагою біоплато є можливість очищення саме донних відкладів, які акумулюють забруднюючі речовини до концентрацій, значно вищих, ніж у товщі води [55].

Результати впровадження даної системи свідчать про те, що відбуваються позитивні гідрохімічні перетворення стану водної екосистеми. Конструкція забезпечує ступінь очищення від 15,5 % до 94,2 %, залежно від виду показника. Завдяки роботі комплексної біоінженерної споруди спостерігається високий рівень очищення вод від мінеральних та органічних речовин [53].

#### 4.4. Висновки до розділу

Виходячи з моделі перерозподілу найбільш поширених забруднюючих речовин річки Ірпінь можна зробити висновки, що:

- вміст нафтопродуктів у товщі води зростає з кожним роком (система розрахована без врахування розробки нових засобів очистки, які можуть бути впроваджені в найближчі 5 років), що найбільше відображається на біорізноманітті;
- вміст заліза (та інших важких металів) у майбутньому може призвести до пришвидшення накопичення політантів у поверхневих водах р. Ірпінь та інших річках урбанізованих територій, оскільки самоочисна спроможність значно зменшиться;
- приблизно через 10 років відбудеться стрімке збільшення вмісту завислих речовин у гідроекосистемі річки Ірпінь, за рахунок пришвидшення процесу урбанізації територій;
- вміст нітрит-іонів, при наявних водоохоронних заходах, з кожним роком збільшується, що пов'язано з погіршенням якості річки усіма, вищезазначеними факторами.

Найефективнішим вирішенням проблеми інтенсивного забруднення вод є застосування конструкції біоплато, яка дозволить, у комплексі з іншими водоохоронними заходами значно покращити якість водних об'єктів.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

На сучасному етапі розвитку науки та розвитку тенденції систематичних досліджень, що є невід'ємною складовою роботи еколога, питання охорони праці на підприємствах, у лабораторіях та інших робочих приміщеннях є одним із найактуальніших.

Належна організація охорони праці, яка відповідає вимогам нормативно-правових актів, є основним заходом профілактики та запобігання виробничому травматизму й професійній захворюваності.

Основним законодавчим актом, який регулює організацію охорони праці на підприємствах, є Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ. Його дія поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, що відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Законодавство України покладає на всіх обов'язок щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці.

Дотримання вимог з охорони праці – необхідна вимога забезпечення гарантії збереження здоров'я і працездатності працівників у виробничих умовах, в тому числі екологічної галузі, через ефективне управління охороною праці та формування відповідальності у посадових осіб і фахівців за колективну та власну безпеку [56].

#### **5.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

У виробничому оточенні на людину діють шкідливі виробничі фактори навколишнього середовища, які при визначених умовах можуть призвести до захворювання або зниження працездатності працюючого. Організм людини реагує на найрізноманітніші подразнювальні фактори умов праці, несприятливі умови

розрізнення знарядь праці, відчуває несприятливий вплив на органи слуху, нюху, дихання, сприймання.

Для осіб, що виконують дослідження водних об'єктів на вміст шкідливих речовин та створюють моделі динаміки їх перерозподілу, небезпечні та шкідливі виробничі фактори наступні [57]:

- підвищений рівень шуму в виробничому приміщенні;
- підвищена температура повітря в робочій зоні;
- фізичні та нервово-психологічні перевантаження: зоровий дискомфорт;
- погане освітлення.

Погане освітлення виробничої зони може призвести до погіршення якості виконуваних робіт. Природне освітлення має велике гігієнічне значення, що виявляється в значній тонізуючій дії на організм людини. Тривала відсутність природного (сонячного) світла гнітюче діє на психіку людини. Санітарні норми передбачають обов'язкове безпосереднє природне освітлення виробничих, адміністративних, підсобних і побутових приміщень. Природне освітлення не використовується у виняткових випадках (використовується електричне штучне освітлення), наприклад, у приміщеннях, де персонал перебуває короткочасно і де не проводяться спостереження за виробничим процесом: у складах, що розташовуються в підвалах та інш.

Погане освітлення робочих місць є однією з причин низької продуктивності праці. При недостатньому освітленні очі працюючого напружені, при цьому складно відрізнити оброблювані предмети, знижується темп роботи, погіршується загальний стан організму людини [58].

Утомлюваність ока залежить від інтенсивності процесів, які проходять у ньому, – акомодатції, конвергенції, адаптації.

Раціональне освітлення повинно задовольняти ряд вимог і умов. Воно повинно бути [59]:

- достатнім, щоб очі без напруги могли розрізняти деталі, що розглядаються;

- стабільним – для цього напруга в електричній мережі не повинна коливатися більше ніж на 4 %;

- рівномірно розподіленим на робочих поверхнях, щоб очам не доводилося потрапляти з дуже темного місця у світле і навпаки;

- таким, що не викликає сліпучої дії на око людини, як від самого джерела світла, так і від відбиваючих поверхонь, що знаходяться в полі зору робітника. Зменшення відзеркалювання джерел світла досягається шляхом застосування світильників;

- таким, щоб не виникали різкі тіні на робочих місцях, у проїздах, проходах;

- безпечним – не призводити до вибуху, пожежі у виробничих приміщеннях.

Шум, вібрації, ультра- та інфразвук відносяться до шкідливих виробничих факторів, які при тривалому впливі на людину можуть призвести до важких професійних захворювань. Часто ці фактори супроводжують один одного. В основі їхнього походження лежать механічні коливання, що поширюються в пружних середовищах. Існує визначена подібність у впливі шуму, ультра- та інфразвука і вібрації на організм людини, але спостерігаються й деякі значні відмінності. Певною мірою подібними є їх фізичні закономірності, що визначають методологію захисту людини від впливу цих шкідливих виробничих факторів.

На сьогодні шкідливий вплив шуму на організм людини науково обґрунтовано. Діючи на орган слуху, центральну і вегетативну нервові системи, а через них на внутрішні органи, шум є причиною розвитку хвороб, спричиненої шумом. Знижуючи загальну опірність організму, він сприяє розвитку інфекційних захворювань.

При роботі за умов шуму спостерігаються підвищена стомлюваність і зниження працездатності, погіршуються увага і мовна комутація, створюються передумови до помилкових дій робітників. Внаслідок цього шум може спричинити зниження рівня безпеки праці. Будучи причиною головного болю, дратівливості,

неврівноваженого емоційного стану, шум створює передумови до погіршення психологічного стану [58].

Температура повітря в процесі виробництва залежить від кількості тепловиділення джерелами тепла, об'єму приміщень, повітрообміну (природного чи штучного), інтенсивності тепловіддачі через зовнішні стіни й огороження. Регулюючи тепловіддачу, можна підтримувати необхідну температуру повітря в приміщенні. При фізичній терморегуляції коли температура повітря близько 20°C, організм людини віддає тепло в навколишнє середовище: за рахунок конвекції – до 30 %, випромінювання – до 45 %, випаровування з поверхні шкіри поту, що виділяється, до 20 %, нагріву вдихуваного повітря і споживаної їжі – до 5 %. При більш низькій температурі повітря порівняно з температурою поверхні тіла людини, тепло віддається, головним чином, шляхом конвекції й випромінювання. Коли температура повітря підвищується, то тепловіддача за рахунок конвекції, випромінювання й нагрівання вдихуваного повітря знижується, а при температурі повітря, що відповідає температурі тіла людини, вона практично відсутня [60].

## **5.2. Пожежна безпека**

Для запалення джерело повинно розвивати певну температуру і мати запас тепла. Джерелами запалення можуть бути: відкрите полум'я; електрична іскра; іскра, що утворюється при ударах одна об одну металевих деталей і предметів; розряд статичної або атмосферної електрики; тепло від розжарених тіл і екзотермічних реакцій; тепло, що виникає при адіабатичному стисненні, терті тощо. Джерелом запалення у процесі горіння є зона горіння, де, власне, протікає реакція окислення з виділенням тепла. Горіння виникає і продовжується, якщо горюча речовина і кисень в повітрі знаходяться в певному співвідношенні. Із зменшенням концентрації кисню в повітрі, зменшується швидкість горіння, а при вмісті нижче 14-15 % горіння більшості горючих речовин припиняється. Процес горіння, що зумовлює розвиток

пожежі, є надзвичайно складним. Він залежить від різних чинників. До них належать: умови утворення горючих сумішей, відведення продуктів горіння та ін. Умови розвитку процесу горіння визначають різноманітність видів горіння.

Негорючі речовини можуть бути пожежонебезпечними, наприклад речовини, що виділяють горючі продукти при взаємодії з водою; - важкогорючі (важкозаймисті) речовини і матеріали, здатні займатися в повітрі від джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його віддалення (матеріали, що містять спалимі і вогнетривкі компоненти, наприклад, деревина при глибокому просоченні антипіренами, фібrolіт тощо; - горючі (спалимі) речовини і матеріали, здатні самозайматися, а також займатися від джерела запалювання і самостійно горіти після його видалення.

Попередження пожежі на підприємствах досягається:

- запобіганням утворенню горючого середовища;
- запобіганням виникненню в горючому середовищі або появи в ньому джерел запалювання.

Система пожежного захисту – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання дії на людей небезпечних чинників пожежі і обмеження матеріальних збитків від неї. Пожежний захист на підприємствах забезпечується рядом заходів [61]:

- застосуванням, по можливості, негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів замість пожежо-небезпечних;
- обмеженням числа горючих речовин та їх раціональним розміщенням на території підприємства;
- ізоляцією горючого середовища;
- запобіганням поширенню пожеж;
- застосуванням засобів пожежогасіння, що обмежують розміри пожежі і забезпечують її гасіння;

- застосуванням конструкцій об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості і горючості;

- евакуацією людей.

Розрахунок необхідного часу безпечної евакуації людей при пожежі має на меті максимальний період часу, якій потрібно для виходу з будівлі персоналу і відвідувачів. При цьому вплив небезпечних і шкідливих чинників (задимлення, висока температура і обвалення конструкцій) не повинно досягти критичних значень.

При визначенні тривалості евакуаційних заходів враховується призначення об'єкта. Методики, що використовуються для громадських будівель і виробничих споруд, мають суттєві відмінності. Визначити необхідний час евакуації людей потрібно для місць розміщення, які знаходяться на найбільшій відстані від виходів з урахуванням їх руху по передбачених шляхах. Для проведення таких розрахунків потрібна точна інформація про проєктований будинок і його розмірах, а також про можливі сценарії розвитку ситуації під час пожежі. При цьому необхідно розглядати найбільш небезпечний варіант.

Для визначення тривалості евакуації відвідувачів і персоналу для окремих приміщень і будівлі або споруд в цілому буде потрібно ряд відомостей.

Розрахунки проводяться з використанням наступних проміжних величин:

- Щільність потоку при пересуванні людей під час пожежі.
- Швидкість переміщення персоналу в процесі виходу з небезпечних зон.
- Пропускна здатність для кожного з шляхів евакуації при спалахи і задимлення.
- Максимальна інтенсивність руху.
- Загальна протяжність шляхів евакуації і в тому числі їх горизонтальних ділянок (коридори і приміщення) і похилих (сходові переходи).

Виконується розрахунок евакуації людей з урахуванням лінійних розмірів приміщенні, при цьому використовуються наступні характеристики будівель [62]:



- об'єм приміщення;
- загальна приведена висота;
- висота робочих зон.

Для забезпечення швидкої евакуації персоналу, у приміщенні розміщують план евакуації (рис.5.1) із зазначенням усіх можливих шляхів евакуації та місцем знаходження засобів ліквідації полум'я.

Приміщення, де виконувалась основна частина роботи, за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії Д та ступенем вогнетривкості I, II відповідно до ДБН В 1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

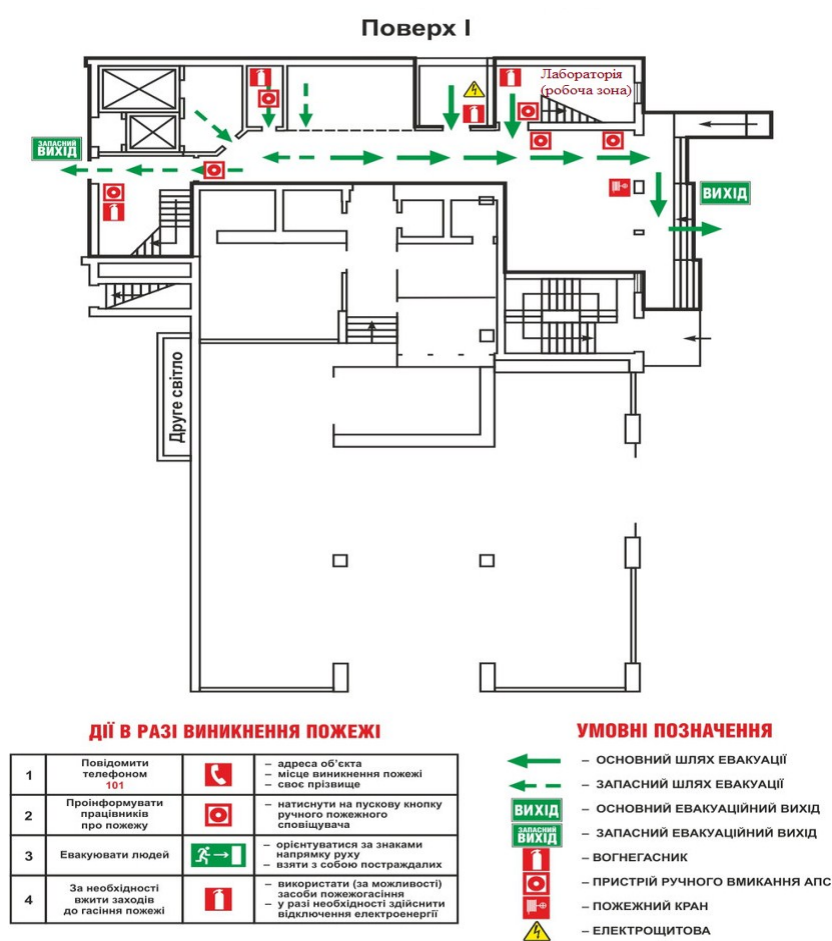


Рис. 5.1. Схема плану евакуації приміщення

Кількість працівників у приміщенні – 25.

Параметри приміщення:

Довжина –  $a = 30\text{м}$ ;

Ширина –  $b = 20\text{м}$ ;

Висота –  $c = 5\text{м}$ .

Кількість людей, що можуть опинитися в приміщенні в службових справах становить 8% загальної кількості працівників.

Отже, загальна кількість людей, що можуть перебувати в приміщенні :  $25+0,08\cdot 25=27$ .

Оскільки, виходи (основний та аварійний) знаходяться на однаковій відстані від центра приміщення, то умовно, можна вважати, що на один евакуаційних вихід припадає 14 працівників.

Відстань від найвіддаленіших робочих місць до евакуаційних виходів однакові і становлять 20 м.

Оскільки на один прохід припадає приблизно 14 осіб, а його площа від найвіддаленіших робочих місць  $S = 20 \cdot 4,5 + 10 \cdot 1,5 = 105 \text{ м}^2$ , щільність людського потоку становитиме:

$$Z=N/S, \quad (5.1)$$

де,  $N = 14$  осіб;

$S = 105 \text{ м}^2$ .

Отже,  $Z \approx 1$  працівник/  $\text{м}^2$ . Оскільки щільність людського потоку невелика, для даної категорії приміщення, її дотримано.

Визначення розрахункового часу евакуації з приміщення  $t_{\text{евак.розр}}$ . враховує, що найбільшим він буде для працівників найвіддаленіших робочих місць (розрахунок необхідно виконати як для найближчого  $t_1$  так і для найвіддаленішого  $t_2$  робочого місця):

$$t_{\text{евак.розр.}} = t_1 + t_2, \text{ хв} \quad (5.2)$$

Взявши середнє значення швидкості руху людського потоку  $v \approx 43 \text{ м/хв.}$ , розраховуємо час:

$$t_i = l_i / v_i, \text{ хв} \quad (5.3)$$

$t_1 = 0,24$  хв,  $t_2 = 0,7$  хв.

Отже, розрахунковий час евакуації працівників з приміщення становить близько 1 хв, необхідний час евакуації при заданих умовах не обмежується.

### **5.3. Висновки до розділу**

Отже, з усіх вищеперерахованих факторів, саме у приміщенні, де проводилась основна частина дипломної роботи – зведення даних та створення математичної моделі перерозподілу шкідливих речовин, найважливішим фактором є пожежна безпека.

Для попередження травмування персоналу під час евакуації при пожежі, у приміщенні є плани евакуації, обладнані куточки пожежної безпеки, аварійні виходи на кожному поверсі, а також пожежна сигналізація. Двері основного та аварійного виходів достатньо широкі та мають велику пропускну спроможність, що значно скорочує час евакуації.

Розрахований час евакуації є оптимальним, оскільки за 1 хвилину шкідлива дія диму не матиме на організм істотного впливу, оскільки полум'я в будівлі зі стелями та стінами з залізобетонних конструкцій та каменя буде поширюватись повільніше. Швидкість евакуації також залежить від кількості персоналу у приміщення, оскільки вона не велика, перевищення нормативів розрахункового часу евакуації немає.

## ВИСНОВКИ

В Україні щороку басейни річок зазнають техногенних перетворень, що підтверджено багатьма дослідженнями. Так у 90% проб з Дніпра фіксують перевищення вмісту забруднюючих речовин (переважно металів та нафтопродуктів) або показників фізико-хімічного стану.

Річки Дніпро та Південний Буг є найбільшим в Україні, протікають багатьма населеними пунктами, а отже і найбільш техногенно заангажовані. У роботі представлено дослідження цих річок у системі з їх притоками – середніми та малими річками: р. Ірпінь та р. Кізка (досліджувані притоки р. Дніпро), р. Рів та р. Ровок (досліджувані притоки р. Південний Буг).

Встановлено, що малі річки є більш чутливими до антропогенного впливу, через нижчу самоочисну спроможність та меншу протяжність. Серед досліджуваних річок зафіксовано перевищення норм ГДК у 2 рази за показниками вмісту нітрит-іонів, БСК<sub>5</sub> та амоній-іонів. Результати досліджень середніх рік вказують на IV клас якості води, що характеризує їх як забруднені.

Дослідження річкового басейну в цілому, разом з притоками, дозволило проаналізувати, характер забруднення, забруднюючі компоненти, їх вплив на гідроекосистему, що в подальшому вплине на впровадження природоохоронних заходів на усіх рівнях.

Екосистеми річок басейну Дніпра та Південного Бугу досліджувались за показниками вмісту БСК<sub>5</sub>, амоній –, нітрат – та нітрит – іонів, а також нафтопродуктів і важких металів із застосуванням хімічних та фізико-хімічних методів аналізу якості вод, системного аналізу стану гідроекосистем, методів статистичної обробки даних, моделювання для оцінки кількісних та якісних характеристик структурно-функціональних змін у внутрішніх процесах.

Встановлено перевищення норм ГДК за показником БСК<sub>5</sub> у водах досліджуваних річкових системах (4-5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), що свідчить про поширення забруднення у всіх річкових басейнах країни. У великих річках зафіксовано значні

перевищення норм ГДК за концентраціями амоній іонів (перевищення норм у 3 рази), які мають циклічний характер та вплив на концентрації нітрит- та нітрат – іонів у водному середовищі. Найвищі концентрації нітрит-іонів – 0,86 мг/дм<sup>3</sup> та нітрат – іонів 7,6 мг/дм<sup>3</sup> зафіксовано у р. Південний Буг. Виявлено надмірну забрудненість донних відкладів важкими металами, а саме Fe та Cu, та товщі води нафтопродуктами. За встановленою динамікою, концентрації металів у водоймах коливаються від 0,01 до 0,21 мг/дм<sup>3</sup>.

На основі зведених даних, створено модель перерозподілу забруднюючих речовин у гідроекосистемах, на прикладі річки Ірпінь з компонентами водного середовища: вода, донні відклади, біота та берег, з урахуванням джерела надходження (підприємства). Представлено прогнозні дані розподілу та поведінки забрудників у просторі досліджуваної гідроекосистеми протягом наступних 20 років.

Результати досліджень вказують на те, що природоохоронні заходи, системи очистки стічних та забруднених вод, дозволяють зменшити вміст шкідливих речовин лише у поверхневому шарі води, не діючи на донні відклади, де накопичуються важкі метали та інші забруднення, які самоочисна спроможність річок нейтралізувати не здатна. Тому найбільш ефективним, у комплекси з іншими природоохоронними заходами, вважається застосування конструкції біоплато, яка дозволить значно покращити якість водних об'єктів, впливаючи на донні відклади та придонний шар вод, адже корені рослин, які застосовуються, через патрубки проростають і укорінюються на дні, тим самим поглинаючи поліутанти із донних відкладів. Біоплато можна застосовувати у комплексі з заходами, що перешкоджають потраплянню забрудників, такі як водо затримуючі вали або вали-тераси, які розташовують у безпосередній близькості від русла річки. Для затримання твердого стоку у зоні акумуляції і в руслі річки застосовують глухі шпори, траверсні шпори, плетневі запруды, фашини, придонні уловлювачі, буни, серповидні затоплені шпори і відстійники, що мінімізує ризики потрапляння забрудників та збільшення їх концентрації.

Встановлено глобальний характер забруднення гідроекосистем України та стрімке накопичення поллютантів у водному середовищі. Адже, річки, що протікають поза межами великих міст, мають перевищення концентрацій забруднюючих речовин у 2-3 рази, що свідчить про необхідність впровадження природоохоронних заходів не тільки для великих річок у містах, а й для їх приток.

Для мінімізації забруднення та зменшення його надходження у поверхневі води, потрібно передбачити комплекс заходів, спрямованих, з одного боку, на зниження антропогенного тиску на річкові та заплавні екосистеми, а з другого – на відтворення природних властивостей зруйнованих русел та заплав річок.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гадзало А. Я. Проблеми раціонального природокористування в процесі забезпечення збалансованого розвитку України. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Ужгород. 2016. С. 71–73.
2. Екологічна безпека держави: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, 21 - 24 квіт. 2010 р. Національний авіаційний університет, Київ. 2010. С. 232.
3. Трапезнікова Л.В., Висоцька Н.В. Монич І.І. Оцінка якості води та екологічний стан поверхневих та ґрунтових вод суббасейну р. Убля. Науковий вісник Ужгородського університету. Ужгород. 2011. С. 94–101.
4. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» від 24.05.2012.
5. Сучасний екологічний стан поверхневих вод України. 2011. URL: <http://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/18846/>.
6. Хвесик М.А., Голян В.А., Яроцька О.В. Інституціональне забезпечення екологозбалансованого водокористування в сучасних умовах: Монографія.. Донецьк: ТОВ «Юго-Восток, Лт», 2009. 455 с.
7. Стаднічук О.М., Леськів Г.З., Кропивницька Л.М. Моніторинг поверхневих вод Львівської області. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 20. Біологія. 2013. випуск 5. С. 162-166
8. Яцик А.В. Водні ресурси України як основа сталого розвитку держави. Вісник. Український держ. ун-т водного господарства та природокористування: Рівне, 2002. Вип. 5 (18), ч.1: Раціональне використання і охорона природних ресурсів. С. 164-175.
9. Гуменюк Г.Б. Порівняльна характеристика розподілу важких металів у гідроекосистемах різного типу. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип.: Гідроекологія. 2010. № 2 (43). С.139-148.

10. Андрусишин Т., Грубінко В. Сезонна динаміка вмісту важких металів у воді та донних відкладах річки Збруч. Вісник Львівського університету. 2012. Вип. 58.С. 165-174.
11. Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів V науково-практичної конференції для молодих вчених. Київ, 2018. 60 с.
12. Ладиженський В. М., Дмитренко Т.В., Іващенко А.В. Прикладна гідроекологія. Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва. ім. О. М. Бекетова,Х.: ХНУМГ, 2013. 153 с.
13. Екологічні нормативи та стандарти якості навколишнього середовища. 2018. URL: <https://buklib.net/books/25031/>.
14. Проекти нормативів гранично-допустимого скидання (ГДС) забруднюючих речовин у водні об'єкти. URL: <http://cern.com.ua/uslugi/water/rozrobka-proektiv-gds/>.
15. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами.1994. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94>.
16. Маджд С. М., Кулинич Я. І. Динаміка змін знаходження речовин та елементів техногенного походження у водах р. Ірпінь. Проблеми хімотології: матеріали VI Міжн. наук. – техн. конф., (Львівська обл., 19–23 червня 2017). Львівська обл., 2017. С. 401–404.
17. Науковий звіт Полтавського регіонального управління водних ресурсів за 2012 рік. 2012. URL: <https://menr.gov.ua/>.
18. Коваль В. В., Кучерявий С.О. Фесенко О.Г. Динаміка забруднення вод сільськогосподарського призначення важкими металами. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. С. 58–62.
19. Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах: Матеріали III Міжнародної наукової конференції. Д.: Вид-во ДНУ. 2015. С. 552.



20. Гумницький Я. М., Сабадаш В.В., Тижбір Г.А. Механізм адсорбції іонів амонію природними алюмосилікатами. Національний університет «Львівська політехніка». 2011. С. 308–310.

21. Солованюк О. В. Гулай Л.Д. Роль нітрогенвмісних сполук в оцінці екологічного стану поверхневих штучних водоймах. Збірник наукових статей «III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю». Вінниця, 2011. Том.2. С.537–539. URL: <http://eco.com.ua/>

22. Маджд С. М., кулиня Я.І. Наукова методологія оцінювання екологонебезпечних ризиків функціонування техногенно-змінених водних систем. Вісник Кременчуцького національного університету. 2017. №4 (105). С. 88–95.

23. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» .м.Київ. 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>

24. Удод В. М., Маджд С. М., Кулинич Я.І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. Вісник Кременчуцького національного університету. 2017. №3 (104). С. 93–99.

25. Романенко О. В., Арсан О. М., Кіпніс Л. С., Ситник Ю. М. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій. К.: Наукова думка, 2015. 189 с.

26. Гогунська Є.А. Екологічна оцінка стану малих річок урбанізованих територій. Інноваційні технології: Матеріали наук.-техн. конференції 15-16 листопада 2017 р.: тези доп. К.:НАУ, 2017, С.91-92.

27. Гогунська Є.А. Понаднормативні концентрації забруднюючих речовин у поверхневих водах великих річок, як показник урбанізованості території/ Інноваційні технології: Матеріали наук.-техн. конф. студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених. ІНТЛ НАУ (м. Київ, 20-21 листоп. 2019 р.). Київ, 2019. 349 с.

28. Ісаєнко В. М., Маджд С.М. Теоретична концепція формування еколого-небезпечних ризиків у процесі розвитку техноприродних водних екосистем. Вісник Кременчуцького національного університету. 2019. №1 (114). С. 121–127.

29. Гребінь В. В. Загальна характеристика р. Кізка. 2013. URL: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=6807](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=6807).
30. Регіональна доповідь Про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2015. Департамент екології та природних ресурсів Київської обласної державної адміністрації. 2016. URL: [http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rotsi/Kievaska\\_2015.pdf](http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rotsi/Kievaska_2015.pdf)
31. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT & K. 2012. 258 с.
32. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012 році. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України у 2017 році. URL: <https://file/d/0bx-9ohevlyd6a1hbvlvkexhgtlk/view>
33. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2013 році. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT & K. 2015. URL: <http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/NacDopovid2013.pdf>
34. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2016. 289 с. URL: <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/NacDopovid2014.pdf>.
35. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України URL: <http://old.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/5560-rehionalni-dopovidi-pro-stan-nav-kolys-hnoho-pryrodnogo-seredovyshcha-u-2015-rotsi>
36. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2017 році. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. 2018. 350 с. URL: <http://old.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/activity-dopovidi>
37. Madzhd S. M., Kulynych, Iavniuk A. A. Ecological assessment of the human-transformed systems of the Irpin river. Вісник НАУ. 2017. №2. С. 93–98.
38. Маджд С. М. , Кулинич Я.І., Гогунська Є.А. Екологічна оцінка стану малих річок басейну річки Ірпінь за екосистемним принципом. Вісник НАУ.2018. №4. С. 93–98.

39. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л., Чунар'ов О. В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона: навч. посібник. К.: ВПЦ "Київський університет", 2015. 154 с.
40. Жигуц Ю. Ю., Лазар В. Ф. Інженерна екологія. Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Видання 2, випр. I доп. К.: Кондор-Видавництво, 2012. 170 с.
41. Маджд С. М., Кулинич Я. І. Наукова методологія оцінювання екологонебезпечних ризиків функціонування техногенно-змінених водних екосистем. Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. 2017. № 4. С. 88–95
42. Основи статистики та аналізу даних URL: <https://socialdata.org.ua/manual4/>.
43. Статистичні методи аналізу URL: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=44037](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=44037).
44. Обробка даних за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу URL: [http://virtuni.education.zp.ua/edu\\_cpu/file.php/2753/Analiz\\_danikh\\_3.pdf](http://virtuni.education.zp.ua/edu_cpu/file.php/2753/Analiz_danikh_3.pdf).
45. Валюх А. М. Збереження природного капіталу України: державний екологічний моніторинг. Журнал «Державне управління: удосконалення та розвиток». – 2017.
46. ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT) [Чинний від 01.07.2011]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 22. с.
47. ДСТУ ISO 5667-12:2001 Якість води. Відбирання проб. Частина 12. Настанови щодо відбирання проб донних відкладів (ISO 5667-12:1995, IDT) [Чинний від 01.01.2003]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 35. с.
48. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. [Чинний від 01.01.2012]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.
49. Василенко Т. О., Милостивий Р.В., Васюк Д.М. Санітарно-токсикологічна оцінка питної води підприємств апк за вмістом важких металів. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2017. С. 20–26.

50. Писанко Я. І. Екологічне прогнозування стану розвитку техногенно-зміненої гирлової ділянки річки Ірпінь. Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. 2018. № 4. С. 109–114.
51. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
52. Ясенчук Т. О. Оцінка антропогенного навантаження на басейн р. Ірпінь у сучасних умовах землекористування. 2011. С. 160–168.
53. Писанко Я. І. Особливості структурно-функціональної організації техногенно зміненої водної екосистеми гирлової ділянки річки Ірпінь : дис. канд. техн. Наук. Київ, 2019. 169 с.
54. Міхєєв О. М., Маджд С. М., Лапань О. В., Кулинич Я. І. Використання гідрофітних систем для відновлення якості забруднених вод: монографія. К.: Центр учбової літератури, 2018. 171 с.
55. Міхєєв О. М., Лапань О. В., Маджд С. М. Розроблення нового методу ризофільтраційного очищення стічних вод від Cr (VI). Химия и технология воды. 2018. № 3. С. 309-314.
56. Закон України «Про охорону праці»: станом на 27 груд. 2019 р.: відповідає офіц. тексту. Київ. 2019. 32 с.
57. ГОСТ 12.0.003 – 74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы [Чинний від 18.11.1974]. Вид. офіц. Київ. 1976. 10с.
58. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. К.: Центр учбової літератури, 2009. 264 с.
59. ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [Чинний від 01.10.2006]. Вид. офіц. Київ. 2006. 96 с.
60. Охорона праці: навч. посіб. З.М. Яремко, С.В. Тимошук, О.І. Третьак, Р.М. Ковтун. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 374 с.
61. ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [Чинний від 01.06.2016]. Вид. офіц. Київ. 2016. 47 с.

62. Методичні вказівки до практичного заняття «Евакуація людей з приміщень і будівель.»Інженерія програмного забезпечення», 113. м. Кам'янське , ДДТУ, 2018. 15 с.