

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра гідроекології та
водних досліджень

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Оцінка ступеня забруднення річки Уди під впливом скидних вод
міста Харків на початку ХХІ сторіччя

Виконала студентка групи ЕГ-18
спеціальності 101 Екологія
Худякова Марія Віталіївна

Керівник д-р.геогр.наук, проф.
Лобода Наталія Степанівна

Рецензент д-р. е. наук, доцент.
Сербов Микола Георгійович

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра гідроекології та водних досліджень
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 101 – Екологія
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮТЬ
Завідувачка кафедри гідроекології та
водних досліджень
д-р. геогр. наук, проф., Лобода Н. С.
“02” березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

- студенту Худякової Марії Віталіївни
(прізвище, ім'я, по-батькові)
1. Тема роботи: Оцінка ступеня забруднення річки Уди під впливом скидних вод міста Харків на початку XXI сторіччя
керівник роботи Лобода Наталя Степанівна д-р. геогр. наук, проф.
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Затверджені наказом ОДЕКУ від “22” грудня 2021 року №267-С
2. Строк подання студентом роботи 14 червня 2022 року
3. Вихідні данні до роботи концентрації хімічних речовин у річці Уди вище та нижче міста Харків за 1990-2015 роки, загальна кількість проб 542, ГДК рибогосподарського використання
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1) Визначити основні забруднювальні речовини шляхом співставлення концентрацій з їх ГДК
2) Оцінити чутливість до забруднення сполуками азоту
3) Оцінити ризик забруднення біогенними речовинами та важкими металами, використовуючи імовірнісний підхід
4) Оцінити ризик забруднення біогенними речовинами та важкими металами використовуючи статистичну характеристик Probit

5. Перелік графічного матеріалу (з точними значеннями обов'язкових креслень):

1) Графіки хронологічного ходу концентрацій хімічних речовин та перевищень ГДК

2) Побудова емпіричних кривих статистичного розподілу екологічних ризиків R та ER

3) Графік зв'язку між оцінками екологічних ризиків R та ER важких металів нижче міста Харкова

4) Побудова графіка емпіричної кривої забезпеченостей екологічних ризиків забруднення важкими металами R для створу 9 км нижче міста Харків

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | Немає | | |

7. Дата видачі завдання "02" березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Оцінка виконання етапу | |
|-------|---|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | | у % | За 4-х бальною системою |
| 1 | Написання вступу | 02.03.22–07.03.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 2 | Підготовка першого розділу «Фізико-географічна характеристика» | 08.03.22–14.03.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 3 | Підготовка другого розділу «Огляд сучасних досліджень гідрохімічного складу та гідроекологічного стану поверхневих вод досліджуваної території» | 15.03.22–21.03.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 4 | Підготовкак третього розділу «Оцінка ступеня забруднення річки Уди за гідрохімічними показниками» | 22.03.22 – 01.04.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 5 | Підготовка четвертого розділу «Оцінка ступеня забруднення річки Уди за показником екологічного ризику» | 02.04.22–11.04.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 6 | Підготовка п'ятого розділу «Оцінка ступеня забруднення річки Уди за показником екологічного ризику шляхом визначення «probits»» | 12.04.22–30.04.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 8 | Підбиття висновків | 02.05.22–15.05.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 9 | Рубіжна атестація | 16.05.22-20.05.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 10 | Узагальнення отриманих результатів. Оформлення бакалаврської роботи, здача роботи на перевірку наукового керівника | 16.04.22–12.05.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 11 | Підготовка презентації та доповіді для захисту бакалаврської роботи. Внесення корективів. Підготовка до публічного захисту | 13.05.22 – 13.06.22 | 100 | 5 (відмінно) |
| 12 | Перевірка на плагіат | 11.06.22 | - | - |
| 13 | Подання на кафедру | 12.06.22 | - | - |
| 14 | Рецензування | 14.06.22 | - | - |
| | Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану(як середня по етапам) | 02.03.22-14.06.22 | 100 | 5 (відмінно) |

Студент _____
(підпис)Худякова М. В.
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис)Лобода Н. С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Худякова М. В. Оцінка ступеня забруднення річки Уди під впливом стічних вод міста Харків на початку XXI сторіччя

Актуальність теми. Актуальність даної роботи полягає в необхідності постійного моніторингу якісного стану поверхневих вод на початку 21 сторіччя в індустріально розвинутих зонах, до яких відноситься Харківська область та річка Уди.

Мета дослідження. Виявити та проаналізувати закономірності формування забруднення річки Уди на ділянці вище та нижче міста Харків.

Задачі дослідження. Аналіз та виявлення закономірностей формування забрудненості річки Уди у створах нижче та вище Харків

Об'єкт дослідження. Оцінка ступеня забруднення поверхневих вод річки Уди на ділянці вище та нижче міста Харкова з використанням ГДК рибогосподарського використання.

Предмет дослідження. Процеси забруднення поверхневих вод річки Уди, що відбуваються на ділянці вище та нижче міста Харків.

Методи дослідження. Використано методи визначення кількісних характеристик ступеня забруднення річкових вод хімічними речовинами, методи оцінки кількісних показників якості води, методи оцінки кількісних показників екологічних ризиків з використанням імовірнісних характеристик їх розподілу.

Результати дослідження. Передбачається можливість застосування результатів дослідження при розробці стратегії розвитку Харківської області для ефективного управління.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновку, переліку посилань, додатків. Обсяг роботи складає 74 сторінок, в тому числі 19 рисунків, 7 таблиць та 85 літературних джерела і 2 додатки.

Ключові слова: річка Уди, скиди міста Харків, забруднення вод біогенними речовинами та важкими металами, оцінка вразливості до забруднення сполуками азоту, оцінка екологічних ризиків забруднення.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІВ..... | 8 |
| ВСТУП..... | 9 |
| 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА..... | 11 |
| 1.1 Географічне положення та рельєф..... | 11 |
| 1.2 Характеристика клімату..... | 14 |
| 1.3 Характеристика ґрунтів..... | 16 |
| 1.5 Характеристика рослинності | 17 |
| 1.4 Карст..... | 18 |
| 2 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ГІ- ДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ..... | 19 |
| 2.1 Водна Рамкова Директива ЄС (основні положення)..... | 19 |
| 2.2 Водогосподарські заходи, водовикористання та водоспоживання..... | 22 |
| 2.3 Гідрологічна характеристика..... | 23 |
| 2.4 Гідрохімічний склад | 24 |
| 2.4 Гідроекологічний стан..... | 27 |
| 3 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ..... | 29 |
| 3.1 Виявлення основних забруднювальних речовин на базі даних спостере- ре- жень..... | 29 |
| 3.2 Аналіз хронологічного ходу забруднювальних речовин..... | 30 |
| 3.3 Оцінка ступеня нітратного забруднення..... | 36 |
| 4 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Обґрунтування необхідності кількісної оцінки ризиків забруднення поверхневих вод басейну річки Уди..... | 42 |
| 4.2 Оцінки екологічного ризику забруднення на базі ймовірного підходу..... | 44 |
| 4.3 Порівняльний аналіз показників екологічного ризику вище та нижче міста Харків..... | 45 |
| 5 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ «PROBITS»..... | 49 |
| 5.1 Оцінки екологічного ризику забруднення на базі використання «probits»..... | 49 |
| 5.2 Порівняльний аналіз показників екологічного ризику з використанням «probits» вище та нижче міста Харків..... | 51 |
| 5.3. Складання таблиці якісного та кількісного оцінювання ризиків..... | 53 |
| ВИСНОВКИ..... | 58 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 61 |
| ДОДАТКИ..... | 71 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКО- РОЧЕНЬ І ТЕРМІВ

ВГК – водогосподарський комплекс

ВГС – водогосподарська система

ГДК – гранично допустимі концентрація

ГДС – гранично допустимий скид

ГТС – гідротехнічна споруда

ДАВР – Державне агентство водних ресурсів

ДКП КГ – Державне комунальне підприємство каналізаційного господарства

ЗР – забруднююча речовина

ЗС – зрошувальна система

м. – місто

Міндовкілля – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України

р. – рік, річка

с. – село

СБО – комплекс біологічного очищення

СВ – стічна вода

смт. – селище міського типу

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

ХРУВР – Харківського регіонального управління водних ресурсів

ВСТУП

Вода є основним джерелом життя всіх живих істот на Землі, включаючи людей. Хоча більша частина планети вкрита водою, лише три відсотки (3%) — прісна вода, придатна для споживання людиною, а решта — солена. Якість життя людей залежить також від наявності та якості води в домогосподарствах. У міру зростання людського населення та економіки зростає усвідомлення того, що ресурси прісної води достатньо обмежені, щоб люди могли захищати їх як за якістю, так і за кількістю. Вода – це життя, але вода також для життя [1].

Через діяльність людини зміни клімату стали непередбачуваними, а це, в свою чергу, впливає на кліматичні чинники формування стоку річок (температури повітря та опади). Зростання температур повітря забезпечує збільшення випаровування з водної поверхні та поверхні суші. Парниковий ефект обумовлює зміни у атмосферних процесах, які впливають на зволоження територій через зміни у структурі опадів [2, 3, 4, 5]. Внаслідок зростання температур зимового періоду зменшуються шари стоку періоду весняного водопілля. Частота появи формуванню інтенсивного схилового стоку та змиванню забруднювальних речовин з поверхні водозборів. У промислово розвинутих районах зменшення водності річок через глобальне потепління буде сприяти зростанню концентрацій забруднювальних речовин зливових опадів зростає, що сприяє, які надходять до річок внаслідок скидання промислових та господарсько-комунальних вод [5, 6, 7].

Актуальність даної роботи полягає в необхідності постійного моніторингу якісного стану поверхневих вод на початку 21 сторіччя в індустріально розвинутих зонах, до яких відноситься Харківська область та річка Уди.

Робота виконана у відповідності із положеннями Водної Рамкової Директиви ЄС (ВРД) , Директиви про очистку міських стічних вод, Нітратної Директиви [8, 9, 10].

Предметом дослідження є процеси забруднення поверхневих вод річки Уди, що відбуваються на ділянці вище та нижче індустріального міста Харків.

Об'єктом дослідження є оцінка ступеня та ризику забруднення поверхневих вод річки Уди на ділянці вище та нижче міста Харкова з використанням ГДК рибогосподарського використання.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра: виявити та проаналізувати вплив міста Харків на формування якості вод та ризику суттєвого забруднення річки Уди, шляхом порівняльного аналізу ступеня забруднення на ділянці вище та нижче міста Харків.

Матеріали: гідрохімічні показники стану поверхневих вод за період 1990-2015 рр. (Держгідрометслужба України) у створах 10 км вище та 9 км нижче Харкова.

Новизна роботи полягає у визначенні динаміки внеску забруднення важкими металами та біогенними речовинами річки Уди внаслідок скиду промислових та комунально-побутових вод міста Харків на початку XXI-го сторіччя, а також оцінки екологічних ризиків забруднення вище та нижче міста.

Робота апробована на XXI Науковій конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету – 2022, 23-31 травня. – Одеса: ОДЕКУ. 2022

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Географічне положення та рельєф

Басейн р. Уди, правої притоки р. Сіверський Донець, розташований у південно-західних відроггах Середньоруської височини. Поверхня території являє собою полого-хвилясту рівнину, розчленовану густою мережею балок і ярів [11, 12].

Річка Уди починається з джерел, що виходять на поверхню в районі с. Бессонівка Октябрського району Белгородської області (Російська Федерація), на висоті 190 м над рівнем моря. На територію Харківської області річка входить біля с. Окіп і впадає в р. Сіверський Донець на 825 км від його витoku [13].

Загальна довжина річки Уди – 164 км, в межах Харківської області – 127 км. Площа водозбору річки становить 3 894 км², із них в межах Харківській області – 3460 км². Вона відноситься до середніх річок з шириною прибережної захисної смуги (ПЗС) – 50 м. Загальне падіння річки – 105 м, середній ухил водної поверхні – 0,64 м на 1 км². Має 17 приток різного порядку (рис. 1.1) [13].

Внаслідок того, що дані річки протікають через густозаселені райони області, вони дуже зарегульовані і забруднені. Серед них найбільшими є річки: Лопань (довжина – 96 км, площа водозбірного басейну – 2000 км²) з притокою Харків (78 км, 1120 км²), Рогозянка (25 км, 164 км²), Роганка (31 км, 189 км²), Студенок (15 км, 80 км²) та інші [12].

Басейн річки Уди розміщений у лісостеповій зоні, на південних схилах Середньоруської височини та входить до складу Харківської силово-височинної області (Золочівсько-Чугуївський фізико-географічний район). Поверхня басейну рівнинна. Абсолютні висоти коливаються від 250 м у

верхній частині басейну до 150 м в його пониззі. Переважають ерозійні форми рельєфу – долини, балки та яри. Глибина ерозії – 100-120 м у верхній частині басейну та 50-100 м у пониззі. Більша частина басейну р. Уди розорана. Лісистість складає 10%, заболоченість – 1%. Ліси і болота зосереджені в основному у заплавах річок і балках [6, 14].



Рис 1.1 – Водозбір річки Уди (бузковий колір) в межах басейну річки Сіверський Донець

Ландшафтну структуру межиріччя Уди - Сіверський Дінець утворюють місцевості вододільних рівнин з чорноземами середньогумусними, долинно-балкові й прирічкові балково-яружні місцевості з еродованими ґрунтами, байрачними лісами [14].

Долина річки Уди добре розвинена, ширина її змінюється від 2-3 км у верхній частині басейну до 15-25 км у нижній, глибина – 85-100 м. Долина має добре виявлену симетрію схилів: правий схил високий і крутий із значною кількістю балок і ярів, а лівий – пологіший, низький і терасований. Виділяються від 3 до 8 терас [6].

Найбільш молода – лугова тераса, формування якої продовжується. Заплава річки добре розвинена по всій довжині річки, двостороння, шириною від 0,3 до 3,5 км. Поверхня заплави рівна, використовується під косовиці і городи, покрита трав'янистою рослинністю. У середній і нижній течії знаходяться стариці та заболочені ділянки; зрідка зустрічається чагарникова рослинність [13].

Русло річки слабо звивисте, шириною від 6 до 8 м, на окремих ділянках – 20-35 м, глибиною 0,1-0,8 м (на плесах до 1,0 м). В середній і нижній течії річище іноді розділяється на рукави, що утворюють острови та заростають очеретом. Дно річища переважно тверде, піщане, інколи мулисте. Береги висотою від 0,2 до 1,5 м, місцями круті і стрімчасті, складені супіщаними і суглинними ґрунтами [12].

Живлення річки має переважно снігове походження, меншу роль відіграють дощове та ґрунтове живлення. В період весняного сніготанення, звичайно на початку березня, русло швидко наповнюється, річка виходить зі своїх берегів та розливається на луговій терасі, перетворюючись на велику річку [12].

Водозбірні площі річок Харківської області знаходяться в межах степової та лісостепової природних зон. Гідрографічна мережа області розподілена між двома басейнами – р. Сіверський Донець та р. Дніпро. Східна частина області відноситься до басейну Сіверського Донця, західна – до басейну Дніпра. Загальна кількість річок в області – 867, а їх загальна протяжність – 6405 км. серед них 1 велика річка (р. Сіверський Донець), та 6 середніх (річки Оскіл, Уди, Лопань, Оріль, Мерла, Самара) [15].

Досліджувана територія відноситься до структурно-денудаційної рівнини південного та південно-західного схилів Середньоруської височини. В межах Харківської області розташовується уздовж південно-західної межі Східноєвропейської платформи, де поверхня фундаменту ускладнена Донецьким прогином [12].

Із сучасних геологічних процесів найбільше значення мають: водна ерозія ґрунтів – повсюдно; зсувоутворення – на крутих річкових схилах; підтоплення – в долинах рік і на вирівняних ділянках плато. При цьому техногенна складова цих процесів переважає над природною [12].

Більша частина плато складається з флювіального піску, вкритого товстим горизонтом лесу, що під впливом природних умов перетворюється у чорнозем, який має свої місцеві типи. Тerasи уздовж північно-західного боку долини Сіверського Дінця також складаються з флювіальних пісків, укритих лесом, але зі зменшеною товщиною, що свідчить про зменшення накопичення на нижчих терасах [11].

Таким чином можна говорити про просторову висотну та геологічну неоднорідність рельєфу на території басейну р. Сіверський Донець у межах Харківської області, що є передумовою відповідних особливостей при формуванні складу поверхневих вод [16].

1.2 Характеристика клімату

Для географічного району розташування водозбору річки Уди характерен помірно континентальний клімат. На формування клімату впливає цілий ряд факторів, особливо географічна широта, яка обумовлює кількість сонячної радіації, що отримує земна поверхня, атмосферна циркуляція. Всі умови у комплексі створюють нестійкий клімат: більш теплим зимою та помірним літом [12].

Розміщенні на території височини переважно впливають на кліматичні умови. З підвищенням висоти місцевості знижується температура повітря, збільшується повторюваність крапельно-рідких опадів та туману, збільшується швидкість вітру. Характер рельєфу та наявність глибоких долин позначається і на напрямку вітру [17, 18].

Атмосферні опади грають важливу роль в гідрологічному режимі, в процесі формування річного стоку. На розподіл річних сум опадів за територією впливають циркуляційні особливості та рельєф місцевості. Досліджувана територія часто піддається впливу південних циклонів та Чорноморської депресії, що викликає опади переважно в центральних районах [12, 18].

Опади розподіляються дворівнево з головним піком у 50–60 мм на місяць влітку та другорядним піком у 40–50 мм місяць у листопаді та січні, коли більшість опадів складаються зі снігу. Відповідні температури повітря варіюють від $\max 20^{\circ}\text{C}$ в липні-серпні до $\min -7^{\circ}\text{C}$ у січні [18, 19].

Вмісту вологи в повітрі впливає на збільшення опадів в значній мірі впливає ріст, що піднімається по схилам. Довгострокові коливання опадів незначні. Середній рівень річних опадів становить 525 мм з мінімальним довгостроковим рівнем (довгострокові мінімальні та максимальні значення відповідають 90% та 10% випадання опадів, тобто ці величини у середньому трапляються тільки один рік на 10 років, а мінімальні опади трапляються у 9 роках з 10 років – 400 мм, та максимальним – 675 мм [17, 19].

Терміни настання та сходу, а також висота снігового покриву в значній мірі залежать від погодних умов кожного року і тому можуть набагато відрізнятись від середніх багаторічних [17].

1.3 Характеристика ґрунтів

Досліджувана територія відноситься до верхньої (північної) – лісостепової частини басейну Сіверського Дінця. Це типово лісостепова найбільш зволожена частина басейну, корінні породи в ґрунтоутворенні значної ролі не грають [12].

Поверхневий прояв Східноєвропейської платформи складається з кристалічного фундаменту, над яким лежить шар пласко-лежачих осадових порід, що сприяли створенню степу та рівнин. Потужність осадового покривного шару у середньому складає 1 км на платформі у цій частині басейну Сіверського Дінця [13].

Згідно із ґрунтово-географічним районуванням (за М. Полупаном) досліджувана територія відноситься до центральної лісостепової і степової області суббореального поясу (лісостепова зона опідзолених вилужених та типових чорноземів) [12].

Найбільша площа представлена типовими чорноземами. Вони господарюють на водорозділах корінного плато та на високих лесових терасах. Основний їх представник – чорнозем потужний середньогумусовий [11, 20].

Ерозія, переущіленн та забруднення важкими металами – основні екологічні проблеми земельних ресурсів Харківської області. Найбільшу частку серед деградованих земель займає водна та вітрова ерозія, які складають 56% та 28% відповідно. Родючий шару ґрунту розораних земель змивається поверхневими стічними водами, що призводить до того, що елементи живлення рослин та вміст гумусу перетворюються на лімітуючі фактори [7, 21, 22].

Протягом останніх 20 років вміст гумусу знизився на 0,4 %. Таким чином, показники родючості землі знижені, що призводить до збитків сільському господарству. Також фізична деградація проявляється у переущільненні верхніх шарів ґрунту і за експертною оцінкою поширена на 35% площі ріллі [22, 23, 24].

1.4 Рослинність

Досліджувана територія басейну Сіверського Дінця, належить до складу Верхньо-Донецької та Середньо-Дніпровської підпровінції Східно-Європейської провінції Європейсько-Сибірної лісостепової області [16].

Значні площі широколистяних лісів збереглися на підвищених ділянках правобережжя Сіверського Дінця та його притоки р. Уди. Вони також зустрічаються невеликими ділянками і на вододільних плато. Переважають тут кленово-липово-дубові ліси, представлені головним чином групою асоціацій кленово-липово-дубової з осокою кореневою. Рідко зустрічаються клен польовий, ільми та ін [13].

Підлісок добре розвинутий, має високу ступінь покриття і дуже різноманітний. Зазвичай багато ліщини звичайної, клена татарського, бересклета бородавчатого та менше бересклета європейського [13].

Трав'янистий ярус в цих лісах добре розвинутий і складає 35-40% покриття. Часто розповсюджуються осока волосиста, осока пальчата, осока Микелі, м'ятник дубровий, коротконожка лісова, перловка поникла. Характерними видами для цих лісів є також зірочник ланцюговидний, тонконіг дубровий, розхідник волосистий, маренка душиста, живуча женевська, копитель, гравілат міський, конвалія, фіалка та ряд інших видів. В невеликій кількості місцями зустрічається яглиця [25].

У долині Сіверського Дінця найчастіше трапляються остепнені та справжні заплавні луки. Переважну більшість заплавних лук використовують як сінокоси, але є останні 5 років спостерігається тенденція зміни призначення на пасовищні [26, 27].

1.4. Карст

Типові карстові ландшафти на досліджуваній території поширені вкрай рідко насамперед через дещо малі розміри площ виходів вапняків, що добре карстуються, карбону і неогену, кам'яної солі та гіпсоангідритів нижньої перми і розчленованості рельєфу як на цих виходах, так і на значних територіях, складених крейдо-мергельними відкладеннями верхньої крейд [11, 13].

Широкий розвиток піщано-глинистих утворень, що перекривають карстові породи, не сприяє швидкому поглинанню поверхневого стоку на всій площі закарстованих водозборів [13].

Хімічне вивітрювання карбонатних та сульфатних порід, що сприяє розвитку карсту, відбувається головним чином вздовж найбільш часто зволжених систем тріщинуватості [13, 16].

Вапнякова нерівномірність хімічного складу порід та розповсюдження зон порушення та тектонічних тріщин зазвичай північно-західного пролягання, та крайня нерівномірність укриття верхів розрізу гідрографічною мережею, вздовж якої відбувається підживлення тріщинно-карстових вод поверхневим стоком, створюють вибірковість втрат цього стоку та глибинного прокарстовування тріщин [11, 13].

2 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

2.1 Водна Рамкова Директива ЄС (основні положення)

Система державного екологічного моніторингу поверхневих вод різних країн суттєво відрізняється: екологічними умовами, соціально-політичними та економічними причинами, сформованими часом природоохоронної практики, відмінністю у підходах до системи управління водними ресурсами, регіональними особливостями формування якості води, тощо. Зазначені розбіжності стосуються не тільки організаційних аспектів проведення спостережень за якісним станом поверхневих вод, а також і науково-методичного забезпечення [28, 29].

Великим кроком у сфері гармонізації екологічних підходів з управління якістю поверхневих вод на міжнародному рівні є розроблення Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС та Директиви екологічних стандартів якості з контролю вод 2008/105/ЄС [30, 31, 32].

В Україні основними водоохоронними нормативами є система гранично-допустимих концентрацій (ГДК): санітарно-гігієнічні та рибогосподарські ГДК. Згідно Водного Кодексу України вони є нормативами екологічної безпеки водокористування, а не екологічним нормативом якості води [29, 33].

З появою нових джерел забруднення виникла необхідність обмеження шкідливих впливів не тільки з погляду екологічної безпеки людини, але і з погляду екологічного стану водних об'єктів. Таким чином, рибогосподарські ГДК спрямовані на охорону водних об'єктів. До рибогосподарського належить використання водних об'єктів для проживання, розмноження і міграції риб та інших видів гідробіонтів [29, 34].

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то ці природні властивості та склад води повинні враховуватися у місцях водокористування [35].

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачати зіставлення одержаних результатів із значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, котрі встановлені в результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта [35, 36, 37].

2.2 Водогосподарські заходи, водовикористання та водоспоживання

Басейн Сіверського Дінця знаходиться в індустріально розвинутому регіоні України. Басейн р. Уди займає територію центрального економічного регіону Харківської області, де широко розвинена обробна та легка промисловість, виробництво будівельних матеріалів та машинобудівні комплекси. Річка Уди перетинає 4 адміністративні райони Харківської області з загальним населенням більше 2,0 млн людей: Богодухівський, Валківський, Дергачівський, Золочівський і Харківський. [12, 34].

Загальна кількість населення приблизно складає 77,8 тис. чол., з них міське населення, що зосереджене в трьох населених пунктах (м. Люботин, м. Золочів і с. Солоницівка). Середня щільність населення – 83,8 чол./км². Розподіл населення по території дуже нерівномірний [12].

Основним джерелом забруднення р. Уди є скид неочищених стоків. Якість води в річках залежить від якості санітарної очистки міста та доріг, вулиць [38, 39].

Річка Уди є найбільш забрудненою водною артерією не тільки Харківської області, а і всієї України. В її басейн скидається 76% (218 млн. м³) всіх зворотних вод Харківської області, перш за все комплексами біологічної очистки «Диканівським» та «Безлюдівським», а також Роганським і Есхарівським управліннями житлово-комунального господарства (ЖКГ), санаторієм «Бермінводи» та Харківською ТЕЦ-5. Від 24 до 84% забруднювальних речовин, які формують якість вод річки Сіверський Донець в транскордонних створах, утворюються саме в басейні Уди. Більше 80% забруднень, що надходять в річку припадає на неочищений поверхневий стік з території міста, що призводить до замулювання русел, забруднення вод, порушення гідрологічного режиму та технічного стану річок [12, 40].

Така ситуація з очищення стічних вод обумовлена наступними причинами:

- відсутність інвентаризації локальних очисних споруд в області;
- незадовільний стан очисних споруд;
- відсутність очисних споруд на випусках дощової каналізації в поверхневих водних об'єктах і незадовільна очистка стічних вод промислових підприємств, в тому числі від молокопереробних заводів та жиркомбінатів;
- висока концентрація з'єднань азоту, фосфатів, синтетичних поверхнево-активних речовин, нафтопродуктів, що перевищують гранично-допустимі концентрації;
- відсутність фінансування для ремонту та реконструкції очисних споруд [12, 41].

Також на території досліджуваної ділянки знаходиться декілька великих полігонів твердих побутових відходів. Звалище ТБО являються об'єктами підвищеної небезпеки. З метою покращення контролю за станом ліквідації

несанкціонованих звалищ на території області, була складена їх електронна карта з вказівками про геоданні орієнтовних об'ємів [12, 42].

Відсутність утилізації більшості компонентів, низький контроль, бездіяльність правоохоронних органів, відсутність системи вивозу сміття з приватного сектора – все це має негативний вплив [42].

Скиди Диканівського і Безлюдівського комплексів біологічного очищення є основним фактором, що формує вміст азоту амонійного, азоту нітритного і фосфатів в річці Уди. Середньорічні концентрації цих забруднюючих речовин перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) в кілька разів [43].

Дивлячись на те, що р. Уди є притокою річки Сіверський Донець, вода якої є джерелом питного водопостачання ряду населених пунктів Харківської та Луганської областей, зменшення вмісту сполук азоту і фосфатів у стічних водах міської каналізації є однією з першочергових проблем, які потребують вирішення [34].

На території, що розглядається, відсутні великі промислові підприємства. Переважно тут розташовані відносно невеликі підприємства харчової промисловості і транспорту. Об'єм стічних вод від точкових джерел забруднення в основному визначається підприємствами житлово-комунального господарства. Відповідно до державної статистики (форма 2ТП-водгосп), основний об'єм стічних вод характеризується як «недостатньо очищені стічні води» [34].

2.3 Гідрологічна характеристика

Перші дослідження на р. Сіверський Донець були проведені в 1904-1908 рр, але не були опубліковані, тільки короткі відомості про це наводяться Н.П. Пузиревським в його роботах по Сіверському Дінцю. Під час першої

світової війни, а потім і громадянської були припинені роботи по дослідженню річки в басейні Сіверського Дінця [14].

У період з 1925 по 1940 рр. на річках басейну Сіверського Дінця, і зокрема, на річці Уди було проведено більше досліджень, ніж за більш значні проміжки часу дореволюційних років. Річка Уди є одним з найбільш значних по водності і довжині приток басейну Сіверський Донець [12].

Долина р. Уди добре розвинена, ширина її змінюється від 2-3 км у верхній частині басейну до 15-25 км у нижній, глибина – 85-100 м. Заплава річки добре розвинена по всій довжині річки, двостороння, шириною від 0,3 до 3,5 км. Русло річки слабо звивисте, шириною від 6 до 8 м, на окремих ділянках – 20-35 м, глибиною 0,1-0,8 м (на плесах до 1,0 м). Річище іноді розділяється на рукави в середній і нижній течії, що утворюють острови та заростають очеретом. Дно річища переважно тверде, піщане, інколи мулисте. Береги висотою від 0,2 до 1,5 м, місцями круті і стрімчасті, складені супіщаними і суглинними ґрунтами. Середня висота водозбору 171,2 м. Лісистість складає 10 %, заболоченість – 1 % [12, 45].

Живлення р. Уди в основному снігове, меншу роль відіграє дощове та ґрунтове живлення. В період весняного сніготанення, звичайно на початку березня, русло швидко наповнюється, річка виходить зі своїх берегів та розливається на луговій терасі, та стає великою річкою [46].

Створена система спостережень дозволяє отримувати об'єктивну інформацію про стан якості водних ресурсів з урахуванням основних джерел, які впливають на його формування, відстежувати тенденції змін якості поверхневих вод у просторі і часі [45].

На території Харківської області мережа моніторингових спостережень поверхневих водних об'єктів відбувається у 16 пунктах, розташованих на поверхневих водних об'єктах. Також моніторинг стану поверхневих вод веде Харківський обласний центр з гідрометеорології [45].

Розподіл витрат води в річці нерівномірний протягом року, що пов'язано з кліматичними умовами. Водний режим річки Уди відноситься до

Східноєвропейського типу, що характеризується високим весняним водопіллям, низькою літньою і зимовою меженню та незначним збільшенням витрат води восени. Живлення річки переважно снігове з відносно великою часткою ґрунтового стоку в порівнянні з дощовим [45].

Згідно розподілу стоку за сезонами, можна відмітити, що для річки Уди поблизу смт. Пересічна весняний стік складає 54,3%, тоді як літній і зимовий – 10,5% і 24,3% відповідно; поблизу смт. Безлюдівка весняний стік складає 36,3%, тоді як літній і зимовий – 20,2% і 25,11% відповідно. Найбільш повноводними роками за період з 1981 по 2010 рік в р. Уда (в межах Харківської області) були 1981–1983 рр., маловодними – 2007–2010 роки. Найбільший стік за лімітуючий період на території басейну р. Уда був у 1981 році, а найменший стік – у 2008 році (Пересічне) та 2010 (Безлюдівка) [12, 46].

2.4 Гідрохімічний склад

Гідрохімічний стан є одною з основних характеристик річок. Руслові води, які формуються під час водопілля на території басейну, характеризуються значною різноманітністю за мінералізацією та співвідношенням іонів. Величини мінералізації та іонний склад вод змінюються залежно від характеру водозбору та висоти паводка або весняної повені. На більшій частині території мінімальна мінералізація річкових вод за найбільших витрат річок коливається в межах 120,0–300, а за низьких паводків сягає 370,0 мг/дм³. Більш високою мінералізацією паводкових вод відрізняються малі річки, які стікають зі схилів Донецького кряжу, на піку водопілля мінералізація коливається від 300,0 до 1000,0 мг/дм³ [12, 46].

У лісостеповій частині басейну формуються руслові води гідрокарбонатного складу з яскраво вираженою перевагою іонів HCO_3^- і Ca^{2+} . У степовій частині басейну, на південь від річки Оскіл, відносний вміст іонів HCO_3^- і Ca^{2+} зменшується [12, 46].

У правобережній частині басейну річки Сіверський Донець, на водозборах на південь від річки Берека в межах формуються води сульфатногідрокарбонатного, сульфатно-хлоридного та хлоридно-сульфатного складу. Рівень мінералізації досягає $2000,0\text{--}5000,0$ мг/дм³, загальна твердість – $20,0\text{--}29,0$ ммоль/дм³. Особливо засолені руслові води басейну річки Казенний Торець, Кривий Торець і Бахмутка. Концентрація хлоридів і сульфатів у них досягає $1000,0\text{--}2000,0$ мг/дм³ [12, 47].

Формування гідрохімічного режиму поверхневих вод відбувається під впливом як природних, так і антропогенних чинників. Зокрема, формування кисневого режиму, вміст специфічних забруднюючих речовин токсичної дії обумовлене антропогенною діяльністю, яка визначає їх просторовий розподіл і часову динаміку. Вміст у воді головних іонів визначається переважно природними факторами. Наявність в заплавах річки водних об'єктів із специфічними біотопами тих, що періодично з'єднуються з річкою, можуть грати істотну роль у формуванні як біологічної різноманітності, так і гідрохімічного стану річки [47, 48, 49].

Оцінка екологічного ризику порушення благополуччя водної екосистеми для водотоків водогосподарської ділянки річки Уди в Харківській області на основі визначення екологічних нормативів, яка показала, що значення ризику водотоків, які знаходяться в місті Харків відповідають 4 класу (високий ризик), а найбільш забрудненими є ділянки річок Лопань, Харків і Уди в м. Харкові [12, 50].

В табл. 2.1 наведені відомості щодо об'ємів скиду стічних вод до річок водогосподарської ділянки р. Уди за 2017 рік згідно звітності про використання води 2ТП-водгосп (річна), значення яких були використані при прове-

денні розрахунків визначення значимих факторів методом багатofакторного аналізу [12, 51].

Встановлено 33 підприємства, які мають скид зворотних в поверхневі водні об'єкти водогосподарської ділянки р. Уди. Загальний обсяг скиду зворотних стічних вод в поверхневі водні об'єкти склав 194,6 млн. м³, в тому числі за категоріями якості: нормативно очищених на очисних спорудах – 190,1 млн. м³ (97,7 %); нормативно чистих без очистки – 1,60 млн. м³ (0,8 %); недостатньо-очищених – 1,77 млн. м³ (0,9 %); неочищених – 0,22 млн. м³ (0,1 %). Найбільший обсяг скидання зворотних вод припадає на русло р. Лопань – 139,6 млн. м³ (71,7 %) і р. Уди – 52,9 млн. м³ (27,2 %). Найбільш інтенсивне забруднення поверхневих вод відбувається в м. Харків – 189,9 млн. м³ (98,0%), Чугуївському – 2,2 млн. м³ (1,0 %), Дергачівському – 1,5 млн. м³ (0,6 %), Харківському – 1,0 млн. м³ (0,4 %) [12, 42, 46].

Таблиця 2.1 – Об'єми скиду стічних вод до поверхневих водних об'єктів водогосподарської ділянки р. Уди за 2017 рік, млн м³ [12].

| Назва річки | Всього | В тому числі по категоріям | | | | |
|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|--------------|
| | | Нормативно-очищених | Нормативно-чистих без очистки | Недостатньо очищених | Без очистки | Інше |
| р. Уди | 52,88 | 50,97 | 1,138 | 0,505 | 0,097 | 0,17 |
| р. Криворотівка | 0,064 | - | - | - | - | 0,064 |
| р. Лопань | 139,6 | 139,1 | 0,128 | 0,042 | 0,03 | 0,3 |
| р. Лозовенька | 0,03 | - | - | - | - | 0,03 |
| р. Харків | 0,489 | 0,033 | 0,21 | 0,04 | - | 0,206 |
| р. Муром | 0,21 | - | - | - | - | 0,21 |
| р. Роганка | 0,698 | - | 0,126 | 0,353 | 0,088 | 0,131 |
| р. Студенок | 0,831 | - | - | 0,831 | - | - |
| Разом | 194,6 | 190,1 | 1,602 | 1,771 | 0,215 | 0,912 |

2.5 Гідроекологічний стан

Збільшене антропогенне навантаження на екосистеми пов'язане з нерациональним споживанням ресурсів, що в подальшому призведе до їх виснаження. Подібна проблема характерна для більшості урбанізованих територій різних держав і Україна не стала винятком. Забруднення вод є широко поширеним явищем. Оскільки за даними гідрохімічного моніторингу ДСНС України річка Уди вважається найбільш забрудненим водним об'єктом України, то актуальність питання гідроекологічного дослідження даного об'єкту постає у розділі «важливо». Важливо зазначити те, що долина річки Уди входить до складу Смарагдової мережі України [12, 52, 53].

У водні об'єкти в кінцевому рахунку потрапляють практично всі токсичні сполуки, що викидаються у довкілля внаслідок господарської діяльності людини. Наприклад, важкі метали широко застосовуються в різноманітних промислових виробництвах, та, попри очисні заходи, сполуки важких металів проникають у промислові стічні води. Значна кількість цих сполук потрапляє в воду через атмосферу. В результаті накопичення у тканинах мозку, печінки, нирок, кісток, алюміній викликає їх функціональні порушення, а також спричиняє порушення в синтезі ряду ферментів [12, 54].

Крім промислових та комунально-побутових відходів у водні об'єкти разом з продуктами ерозії ґрунтів падають мінеральні добрива, пестициди і відходи тваринницьких ферм, що використовуються в сільському господарстві. Багато забруднювачів, що викидаються в атмосферу, випадають на поверхню землі і виносяться в річки та озера з дощовими та талими водами [54, 55].

Нерівномірність умов і факторів впливу на формування якості вод створює необхідність проведення досліджень тих чинників, що мають найбільший вплив. Актуальність таких досліджень обумовлена тим, що в сучасних умовах кліматичних змін та інтенсивного використання водних ре-

сурсів необхідним є визначення найбільших джерел забруднення поверхневих вод [49].

Багатофакторність процесів формування якості води обумовлює складність його вивчення. Також проблему у дослідженнях цих процесів створює недостатня обґрунтованість теоретичних і методичних розробок, неоднозначність використання інструментальних методів, що ускладнює спроби розкриття механізмів формування якості води, які мають за мету удосконалення водоохоронною діяльністю [12, 57, 58].

Басейн р. Уди є транскордонним і протікає територією великого індустриального центру України (м. Харків) та територією Російської Федерації, який характеризується високим антропогенним навантаженням [12, 59, 60].

3 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ГІДРОХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОД

3.1 Виявлення основних забруднювальних речовин на базі даних спостережень

Для виявлення основних забруднювальних речовин було розраховане співвідношення між концентраціями хімічних показників складу вод та їх ГДК (перевищення ГДК), де ГДК – гранично допустима концентрація. У роботі використано ГДК рибогосподарського використання як найбільш чутливі до забруднення. Розрахунки виконувалися як для значень концентрацій забруднювальних речовин у дати спостережень (добові), так і для середніх річних значень. Установлено, що найбільші перевищення середніх багаторічних значень концентрацій над ГДК_{рб} характерні для таких речовин як: хром⁶⁺, мідь, цинк и т.д. [34, 36].

Вимірювання гідрохімічних показників на р.Уди виконується у двох пунктах спостережень: 10 км вище міста Харків та 9 км нижче міста Харків, на основі моніторингових даних Міндовкілля України та Харківського регіонального управління водних ресурсів (ХРУВР) за 1990-2015 роки. Аналіз гідрохімічного стану поверхневих вод проводився за результатами натурних досліджень по величинах показників якості вод, які порівнювались з граничнодопустимими концентраціями рибогосподарського призначення.

З таблиці 3.1 (Додаток А) видно, що за всіма показниками концентрація гідрохімічних показників у воді в пункті 9 км нижче м. Харків збільшується порівняно з концентрацією показників 10 км вище міста.

3.2 Аналіз хронологічного ходу забруднювальних речовин

Визначення гідрохімічних показників на р.Уди виконується у двох пунктах спостережень: 10 км вище міста Харків та 9 км нижче міста Харків, на основі моніторингових даних Міндовкілля України та Харківського регіонального управління водних ресурсів (ХРУВР) за 1990-2015 роки. Задачею дослідження є порівняльний аналіз гідрохімічного складу вод у верхньому та нижньому створах. З цією метою були побудовані суміщені графіки хронологічного ходу концентрацій хімічних речовин та їх компонентів (рис. 3.1 – рис. 3.7), які мали значне перевищення ГДК і були віднесені до основних забруднюваних речовин. Аналіз хронологічного ходу концентрацій важких металів (хром $^{6+}$, мідь, цинк) показав, що суттєвих змін у їх коливаннях для верхнього та нижнього створу не встановлено (рис. 3.1).

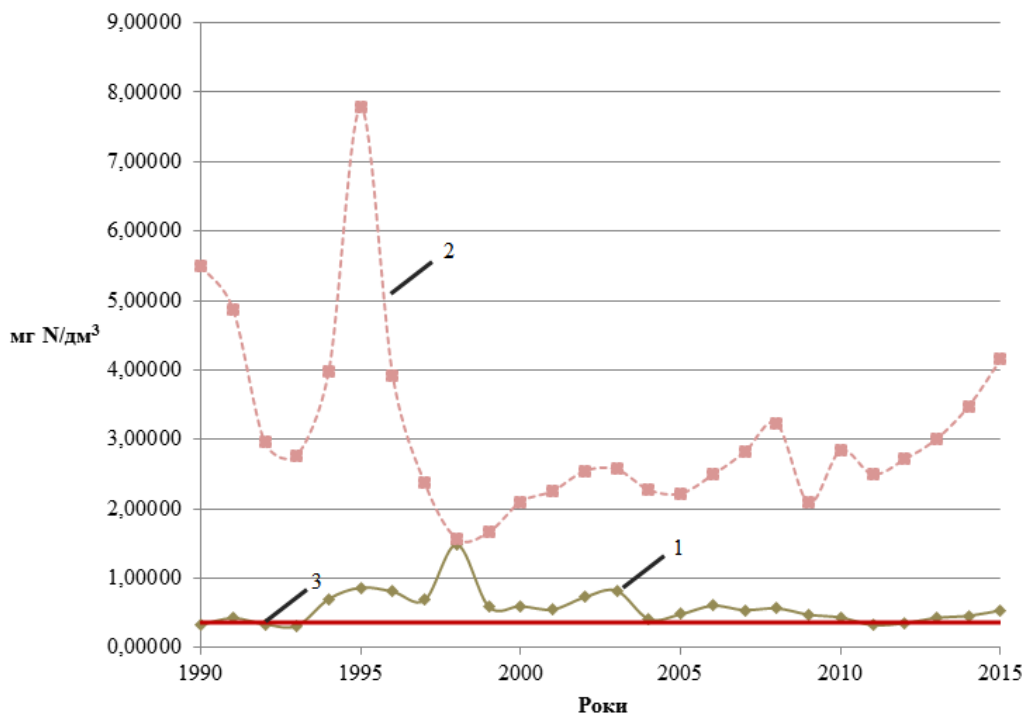


Рис. 3.1 – Графік зміни у часі середньорічних концентрацій азоту амонійного (1 – вище міста Харків на 10 км, 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

Середньорічна концентрація азоту амонійного у пункті спостережень вище міста протягом досліджуваного періоду знаходиться вище значень концентрації ГДКрб, наприклад у 1996 році $1,67 \text{ мг/дм}^3$ (більше ніж у 3 рази). У пункті нижче міста концентрація азоту амонійного перевищує ГДКрб від 3 ($1,67 \text{ мг/дм}^3$ у 1998 році) до 16 ($7,78 \text{ мг/дм}^3$ у 1995 році) разів.

Концентрація азоту нітритного в обох пунктах спостережень не перевищує значення ГДКрб (рис. 3.2). Нижче міста – від $0,02 \text{ мг/дм}^3$ до $0,179 \text{ мг/дм}^3$. Вище міста – від $0,184 \text{ мг/дм}^3$ у 1995 році до $0,353 \text{ мг/дм}^3$ у 2007 році.

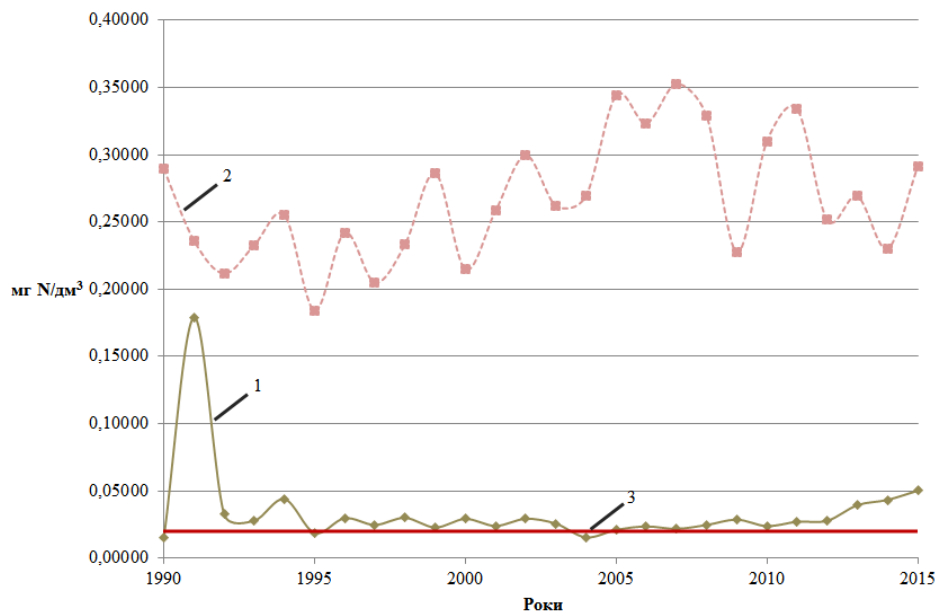


Рис. 3.2 – Графік зміни середньорічних концентрацій азоту нітритного (1 – вище міста Харків на 10 км , 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

Концентрація азоту нітратного в обох пунктах спостережень не перевищує ГДКрб (рис. 3.3). Вище міста – від $0,018 \text{ мг/дм}^3$ до $0,961 \text{ мг/дм}^3$, нижче міста – від $0,111 \text{ мг/дм}^3$ до $4,8 \text{ мг/дм}^3$.

Вміст фосфатів в обох пунктах спостережень перевищує значення ГДКрб (рис. 3.4). Вище міста від $0,16 \text{ мг/дм}^3$ до $0,63 \text{ мг/дм}^3$. Нижче ж міста

спостерігається набагато більше перевищення концентрації ГДКрб – від 0,59 мг/дм³ у 1996 році до 1,65 мг/дм³ у 2004 році.

Концентрації міді також перевищують значення ГДКрб в обох пунктах спостереження (рис. 3.5). Вище міста мінімальне значення 0,04 мкг/дм³ у 2006 році, максимальне – 11,2 мкг/дм³ у 1990 році і 12,00 мкг/дм³ у 1991 році, тобто у 11-12 разів більше за ГДКрб. Нижче міста мінімальне значення – 0,86 мкг/дм³ у 2007 році, максимальні – 21,8 мкг/дм³ у 1990 році та 42,0 мкг/дм³, що у 42 рази перевищує ГДКрб.

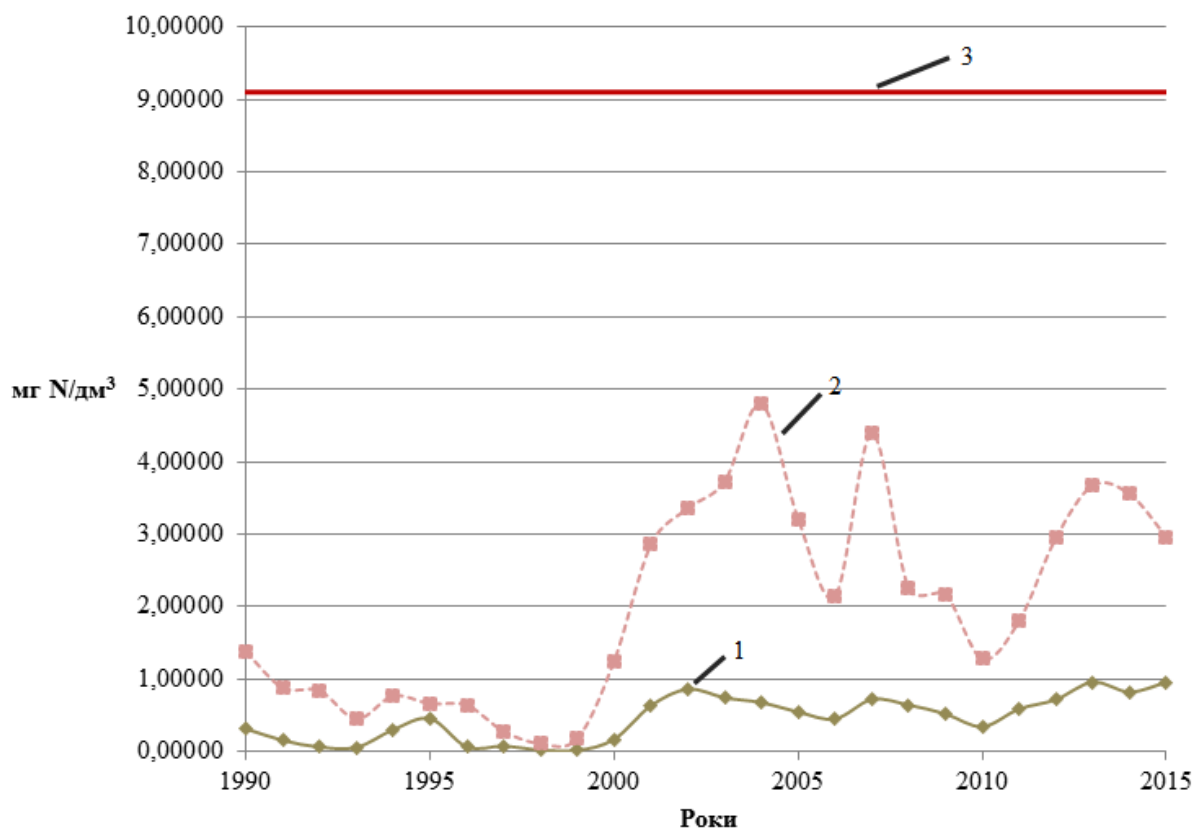


Рис. 3.3 – Графік зміни середньорічних концентрацій азоту нітратного (1 – вище міста Харків на 10 км , 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

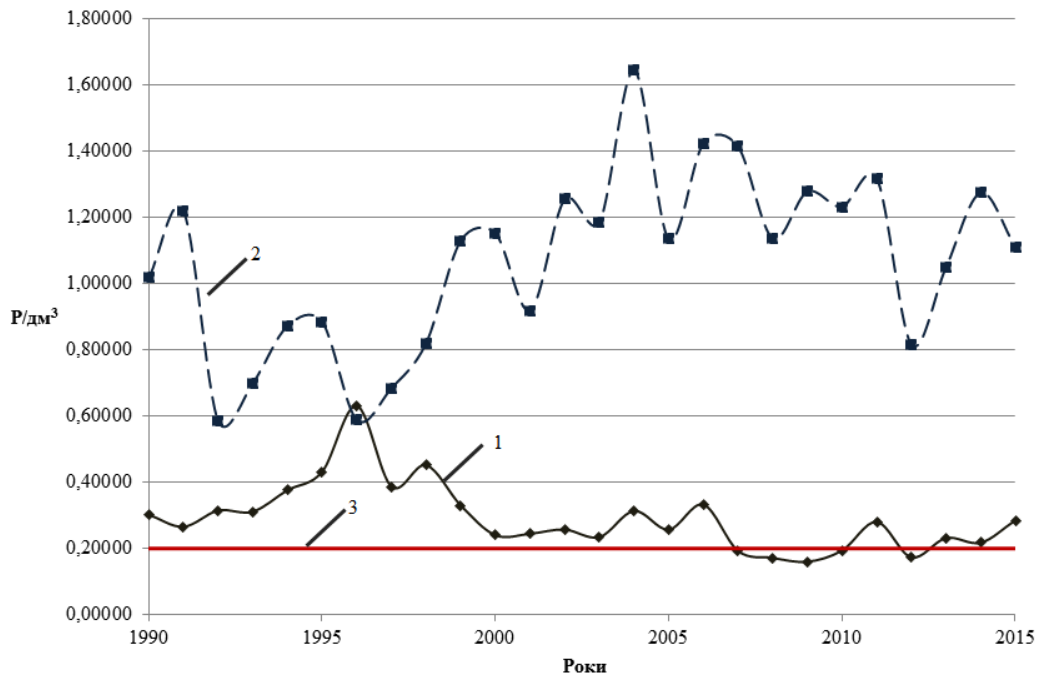


Рис 3.4 – Графік зміни середньорічних концентрацій фосфатів (1 – вище міста Харків на 10 км , 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

Така сама картина спостерігається і з концентраціями цинку на обох постах (рис. 3.6). Вище міста значення концентрацій змінюється від 7 мкг/дм³ у 2015 році (і це єдиний рік за весь період, коли не спостерігалось перевищення ГДКрб) і до 89,9 мкг/дм³ у 1990 році. Нижче міста мінімальне значення концентрації – від 8,57 мкг/дм³ у 2007 році (також єдиний рік за весь період спостережень) до 76,7 мкг/дм³ у 1992 році.

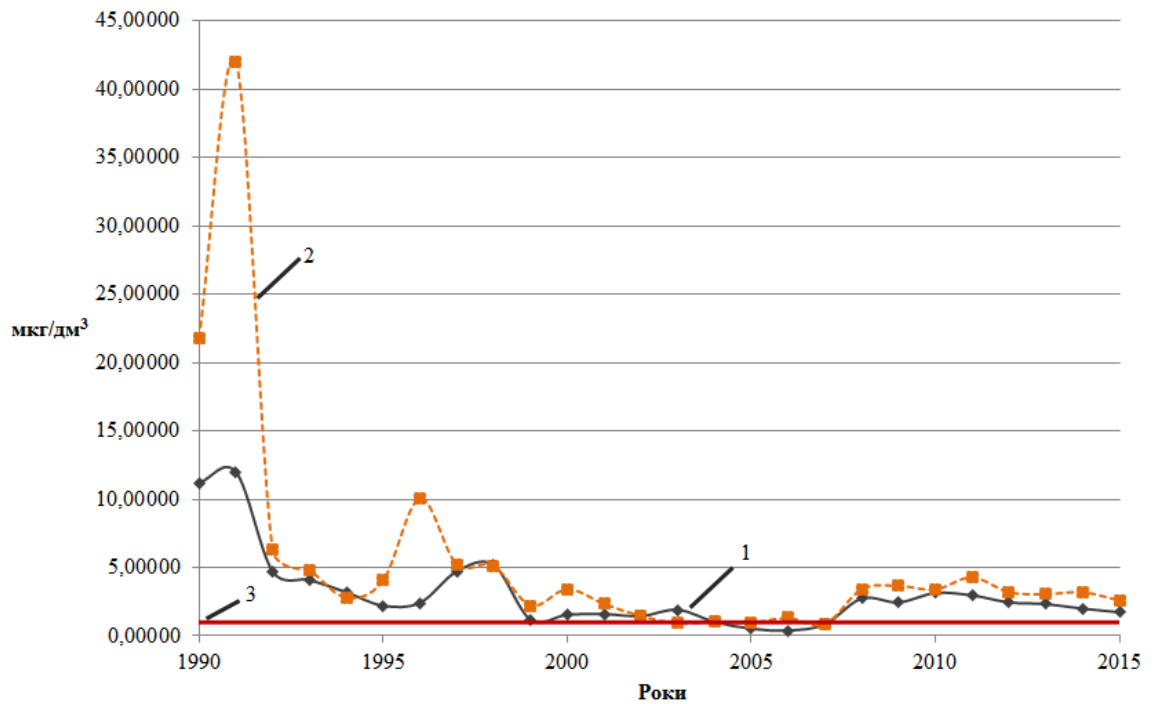


Рис 3.5 – Графік зміни середньорічних концентрацій міді (1 – вище міста Харків на 10 км , 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

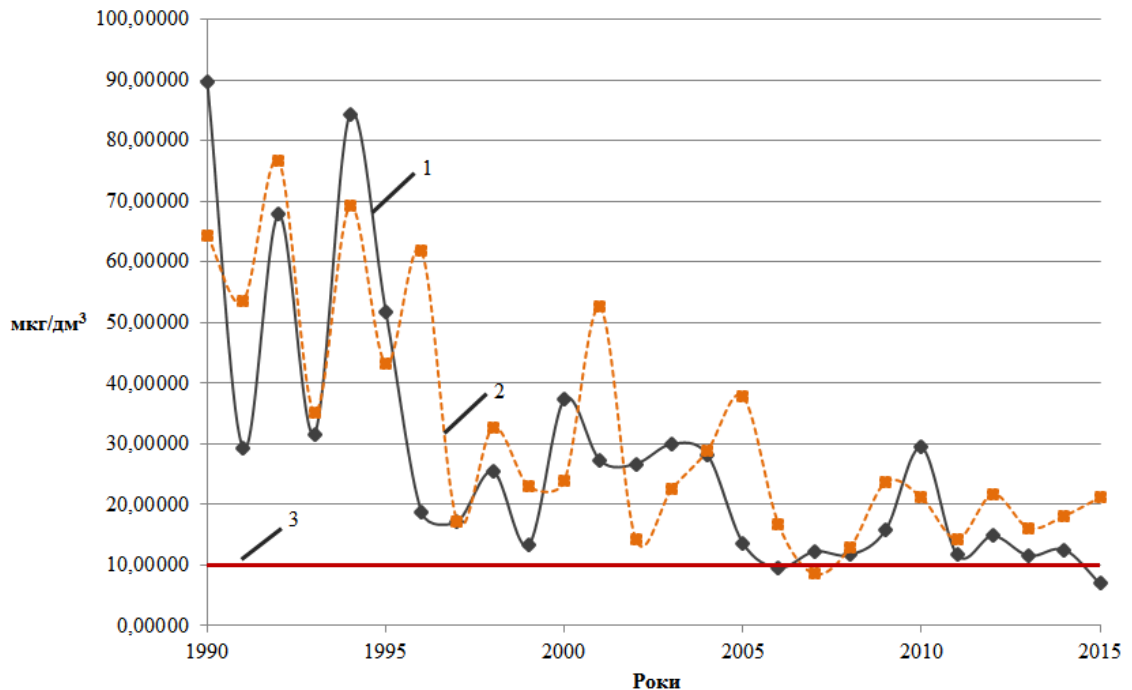


Рис 3.6 – Графік зміни середньорічних концентрацій цинку (1 – вище міста Харків на 10 км , 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

Концентрації хрому в обох пунктах також значно перевищують значення ГДКрб (рис. 3.7). Вище міста мінімальне значення концентрації хрому 1 мкг/дм^3 у 1991 році, максимальне – $13,18 \text{ мкг/дм}^3$ у 1996 році. Нижче міста – мінімальна концентрація становила $2,08 \text{ мкг/дм}^3$ у 2009 році, хоча у 1991 році вмісту хрому не спостерігалось, максимальне ж значення – $10,91 \text{ мкг/дм}^3$ спостерігалось у 1997 році.

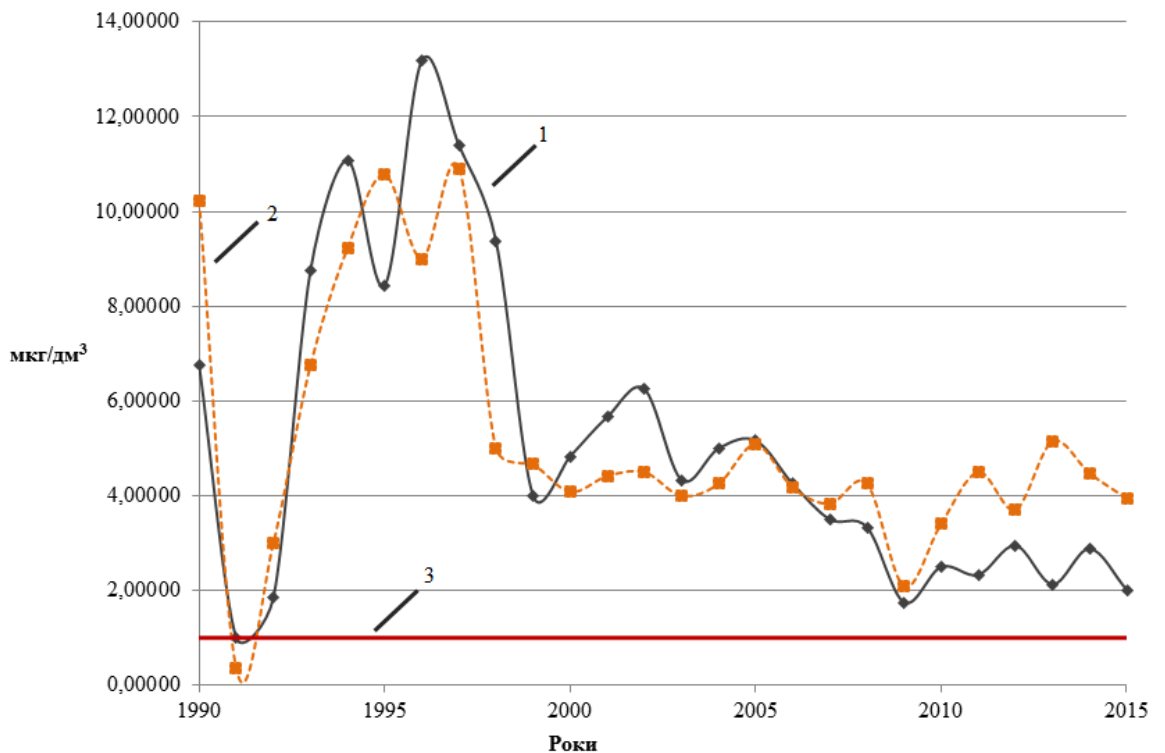


Рис 3.7 – Хронологічний хід зміни середньорічних концентрацій хрому ⁶⁺ (1 – вище міста Харків на 10 км , 2 – нижче міста Харків на 9 км, 3 – ГДК рибогосподарського використання)

Розглядаючи біогенні речовини (амоній, нітрити, нітрати, фосфор), можна зробити висновок про їх суттєве зростання у нижньому створі (рис 3.1 – 3.4). Ця обставина пояснюється скидом комунальних та скидних вод сільськогосподарського виробництва. Відомо, що переважання у воді концентрацій аміаку свідчить про наявність точкового забруднення (місця скиду), а пере-

важання концентрацій сполук нітратів указує на дифузне забруднення. Дифузне забруднення формується у результаті змиву добрив та тваринницьких відходів з поверхні водозборів під час весняних водопіль та дощових паводків [12, 63, 64, 65].

Все це свідчить про негативний вплив стоків дощових каналізацій, неочищених поверхневих стоків з території міста Харкова.

3.3. Оцінка ступеня забруднення сполуками азоту

Запаси водних ресурсів зменшуються: міліють поверхневі водні об'єкти, збільшується глибина залягання підземних водносних горизонтів, більшість верхніх водоносних горизонтів висихає, а ступінь забруднення поверхневих та підземних вод зростає. Тривалі періоди із високою температурою спостерігаються частіше. Загальна кількість опадів за рік зменшується, хоча частота появи понаднормованих опадів зростає. Забруднення води від сільськогосподарських земель важко виміряти, адже воно надходить переважно не з однієї точки (місця скиду міських комунально-побутових вод), а у результаті надходження хімічних речовин з площі сільськогосподарських земель, що призводить до так званого «дифузного забруднення» [62, 63, 66].

Особливу увагу при оцінці якості водного об'єкту надають таким компонентам хімічного складу як органічним та біогенним забруднювачам. Органічне забруднення характеризується надходженням до водних об'єктів продуктів життєдіяльності: людей та тварин. Основна загроза від цього виду забруднення – надмірне біологічне споживання кисню [63, 67].

Забруднення вод біогенними елементами (сполуками фосфору та азоту) є однією з головних причин незадовільної якості води більшості водних

об'єктів. Нітрати у надмірних кількостях є токсичними для людей і навколишнього середовища. Головним шляхом потрапляння забруднених води до поверхневих водотоків – є їх змивання з поверхні полів схиловими талими та дощовими водами. Від такого забруднення вода починає «цвісти», у ній зменшується вміст кисню та все живе помирає (відбувається евтрофікація) [63, 68, 69].

Східна Україна характеризується як один з найбільш індустріальних та урбанізованих регіонів країни з інтенсивним веденням сільського господарства. В межах Харківської, Донецької та Луганської областей розташована велика кількість підприємств машинобудівельного комплексу, більше 100 хімічних та металургійних комбінатів, харчова промисловість представлена значною кількістю хлібозаводів, содових комбінатів та ін. Сдиним джерелом водопостачання цього регіону є р. Сіверський Донець. [12, 70, 71]

Територія басейну характеризується значним показником урбанізованості, густина населення в регіоні в середньому складає 113 осіб/км². Всього у басейні Сіверського Дінця нараховується 2420 населених пунктів. Міста з населенням більше 100 тис. чол. здійснюють найбільший вплив на водні об'єкти. У басейні Сіверського Дінця таких міст налічується 8, серед них найбільшим є м. Харків, адміністративний центр Харківської області. Натомість, водозабезпеченість території досліджуваного басейну нижча від середньої по Україні [12, 72, 73].

Територія досліджуваного басейну відзначається надзвичайно високим рівнем розораності земель, що становить у Харківській, Донецькій та Луганській областях відповідно 78,3%; 78,2% та 72,1%. В той час як у більшості країн Європи цей показник не перевищує 35 %. Наразі доволі тривала нерациональна експлуатація земельних ресурсів без належного урахування ландшафтних і ґрунтово-кліматичних особливостей, інтенсивна обробка ґрунтів призвели до посилення

деградаційних процесів у ґрунтах внаслідок інтенсивної ерозії, зниження вмісту гумусу і значної втрати елементів живлення [12, 74].

Основним джерелом надходження органічних сполук є домогосподарства переважно сільського населення, які не обладнані каналізацією. В межах басейну р. Сіверський Донець розташовано близько 300 селищ та більше ніж 3500 сел. Водовідведення у таких господарствах здійснюється на рельєф шляхом накопичення у відстійниках [12, 72].

Ключову роль у забрудненні органічними речовинами відіграють 7 річок Харківської області, до них належать: Луганка, Луганчик, Велика Кам'янка, Казенний Торець, основне русло Сіверського Дінця, Уди та Борова. Сукупно у межах зазначених суббасейнів формується 74% загального навантаження органічними речовинами у басейні р. Сіверський Донець [12, 68].

Вагомий вплив сільськогосподарських джерел на стік сполук нітрогену чітко проявляється у співвідношенні основних форм нітрогену у водному розчині. Характерною особливістю басейну Сіверського Дінця є те, що у складі розчиненого нітрогену домінує нітритна форма – 71%. Це істотно відрізняється від інших річкових басейнів України, у водах яких переважає нітроген у формі амонійних сполук, як кінцевого продукту мінералізації протеїнів. Тобто, у випадку домінування у стоці нітрогену амонійних сполук можна зробити висновок про основний вплив точкових джерел [73].

У ґрунтовому покриві вміст амонійних сполук нітрогену мінімальний через їхню сорбцію на поверхні глинистих мінералів. Натомість, переважає нітратна форма нітрогену, що відноситься до найбільш розчинних і мобільних сполук. Вони не накопичуються у ґрунтовому покриві, а, навпаки, легко вимиваються під час стокоформуючих опадів [73, 75].

Документ, яким можливо врегулювати дані процеси є директива «Про питну воду». Він визначає граничне значення вмісту сполук азоту, переви-

щення якого може призвести до шкоди здоров'ю людини, на рівні 50 мг/дм^3 , що у перерахунку на азот відповідає значенню $11,3 \text{ мгN/ дм}^3$. Це граничне значення було використане для оцінки чутливості досліджуваного водозбору до дії сполук азоту на базі розрахунків показника чутливості k_N , який розраховувався наступним чином [76, 55].

$$k_N = \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- , \quad (3.1)$$

де NH_4^+ – концентрація вмісту амонію;

NO_2^- концентрація вмісту нітритів;

NO_3^- концентрація вмісту нітратів.

Чутливою до дії нітратних сполук зоною вважається територія річково-го басейну, розташована нижче водного масиву, де встановлено перевищення порогового значення k_N , яке становить $11,3 \text{ мгN/дм}^3$. Оцінки показника k_N показали, що ні один з показників нітратів ані у верхньому, ані у нижньому створі не перевищує задане значення (рис 3.1 – 3.3).

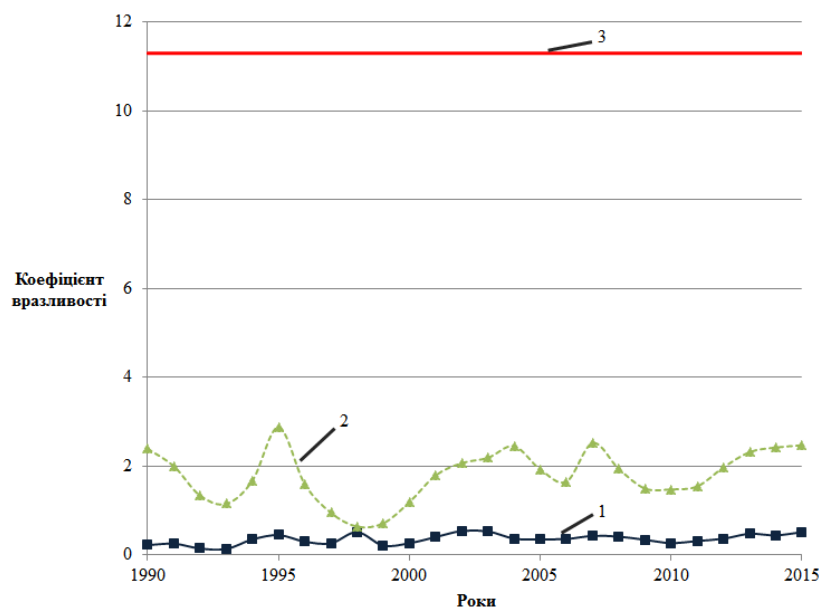


Рис 3.1 – Хронологічний хід коефіцієнта вразливості до забруднення сполуками азоту у річці Уди за період 1990-2015 рр. (1 – дані по створу 10 км вище міста Харків, 2 – дані по створу 9 км нижче міста Харків, 3 – Кн)

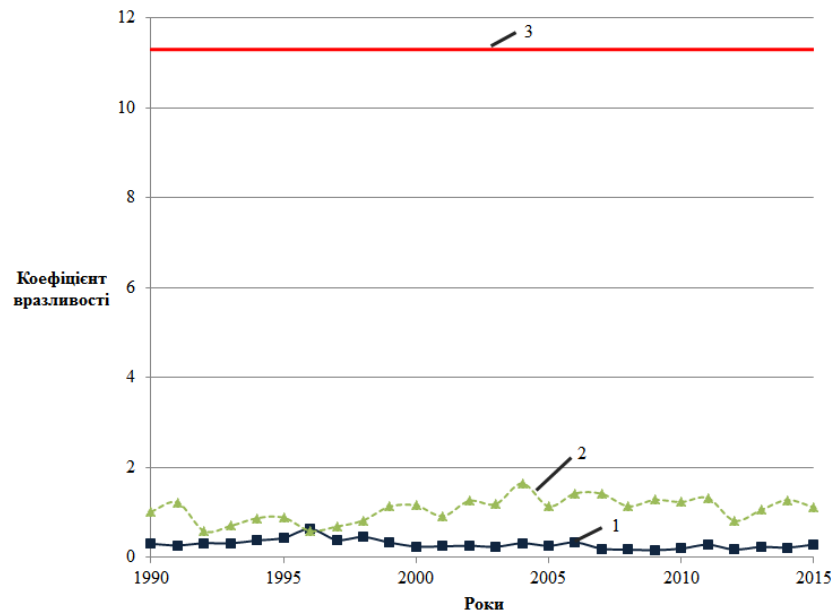


Рис 3.2 – Хронологічний хід коефіцієнта вразливості до забруднення сполуками фосфору у річці Уди за період 1990-2015 рр. (1 – дані по створу 10 км вище міста Харків, 2 – дані по створу 9 км нижче міста Харків, 3 – Кн)

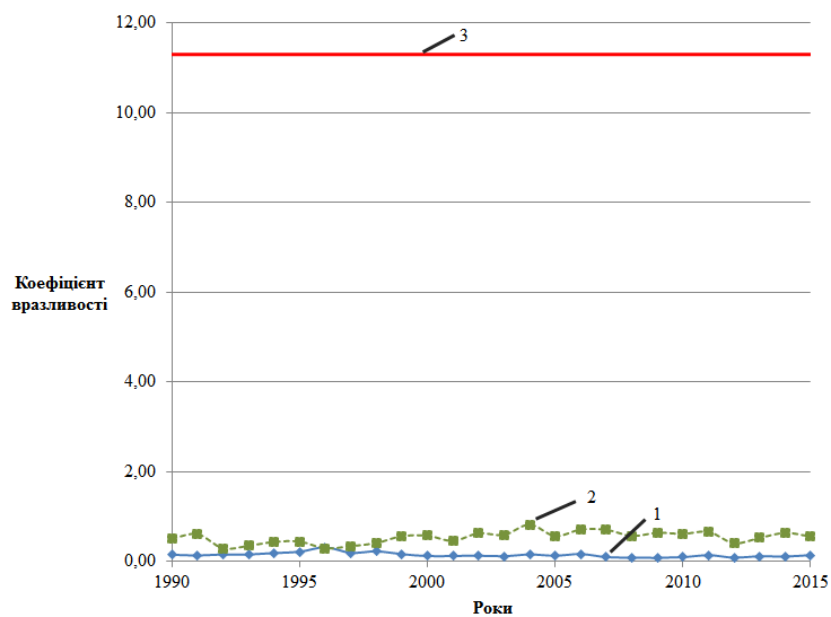


Рис 3.3 – Хронологічний хід коефіцієнта вразливості до забруднення сполуками азоту у річці Уди за період 1990-2015 рр. (1 – дані по створу 10 км вище міста Харків, 2 – дані по створу 9 км нижче міста Харків, 3 - Кн)

При порівнянні концентрацій сполук азоту у створах нижче та вище м. Харків можна зробити висновок, що нітратне забруднення зростає у нижньому створі у 5 разів. Що стосується фосфатів, то у верхньому та нижньому створах спостерігається систематичне перевищення ГДК рибогосподарського використання. Однак, у нижньому створі це перевищення набагато більше ніж у верхньому. Це пояснюється тим, що на розглядуваній ділянці відбувається скид забруднених комунальних вод Міські очисні споруди № 2 (КБО «Безлюдівський»).

Емпірична частота перевищення порогового значення $k_N = 11,3$ мгN/дм³ для верхнього створу (р. Уди 10 км вище міста Харків) становить 0, а у нижньому створі (р. Уди 9 км нижче міста Харків) – 0.

4 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

4.1 Обґрунтування необхідності кількісної оцінки ризиків забруднення поверхневих вод басейну річки Уди

Основними значущими факторами антропогенного впливу на екологічний стан р. Уди є точкові джерела забруднення внаслідок скидів комунальних та промислових зворотних стічних вод. Розподіл скиду забруднювальних речовин представлений у таблиці 4.1. [63].

Таблиця 4.1 – Розподіл мас скиду забруднюючих речовин зі стічними водами по річкам водогосподарської ділянки р. Уди [12].

| Назва речовини | Уди | Лопань | Харків | Лозовенька | Роганка | Студенок |
|------------------|-------|--------|--------|------------|---------|----------|
| Азот амонійний | 0,115 | 0,256 | 0 | - | 0,001 | 0,008 |
| БСК5 | 0,564 | 1,250 | 0,001 | - | 0,005 | 0,037 |
| Завислі речовини | 0,777 | 1,676 | 0,002 | - | 0,005 | 0,018 |
| Нітрати | 1,244 | 5,189 | 0 | - | 0,004 | 0,003 |
| Нітрити | 0,085 | 0,047 | - | - | 0,001 | 0,001 |
| Сульфати | 9,69 | 30,53 | 0,01 | - | 0,042 | 0,097 |
| Сухий залишок | 37,35 | 114,25 | 0,047 | 0,001 | 0,256 | 0,614 |
| Хлориди | 5,92 | 15,35 | 0,006 | - | 0,029 | 0,098 |
| ХСК | 2,089 | 7,521 | 0,003 | - | 0,027 | 0,097 |
| Залізо | 9,71 | 40,04 | 0,013 | 0,002 | 0,078 | 0,150 |
| Кальцій | 7,681 | - | - | - | - | - |

| Продовження таблиці 4.1 | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Магній | 3,012 | - | - | - | - | - |
| Мідь | 0,304 | 0,385 | - | - | - | - |
| Натрій | 10,37 | - | - | - | - | - |
| Нафто- про- дукти | 18,72 | 114,48 | 0,02 | - | 0,022 | 0,076 |
| Нікель | 0,886 | 3,127 | - | - | - | - |
| СПАР | 7,5 | 30,50 | 0,015 | 0 | 0,064 | 0,070 |
| Феноли | 0 | 0,240 | - | - | - | - |
| Фосфати | 110,4 | 469,6 | 0,264 | 0,011 | 1,318 | 6,338 |
| Хром | 0,459 | 0,353 | - | - | - | - |
| Цинк | 0,988 | 3,333 | - | - | - | - |

Аналізуючи отримані дані, можна визначити, що найбільшого впливу від скиду стічних вод зазнають річки Уди і Лопань, в які скидаються стічні води міських очисних споруд міста Харкова. Також на екологічний стан впливає ефективність очисних споруд, вплив яких призводить до зростання у воді амонійного азоту та мінерального фосфору [12, 67].

Вплив скиду промислово-побутових стічних вод з очисних споруд внаслідок попадання недоочищеної води в річку багато в чому визначає її екологічний стан. При цьому очисні споруди не забезпечують необхідного рівня окиснення органічних сполук, поверхнево-активних речовин та нітритів у промислово-побутових водах. Також не забезпечується належного видалення фосфатів. З метою покращення екологічної ситуації необхідне впровадження заходів по очищенню стічних вод. Також забруднювальні речовини надходять з поверхневим стоком із пасовищ, сільськогосподарських угідь, неканалізованих сільських населених пунктів та від об'єктів тваринництва [12, 67].

Характерною особливістю досліджуваного району є те, що у складі розчиненого нітрогену домінує нітратна форма, що відрізняє водогосподарську ділянку р. Уди від інших річкових басейнів України, у водах яких переважає нітроген у формі амонійних сполук. Переважання нітрогену нітратної форми вказує на вплив дифузних джерел, передусім сільськогосподарського поход-

ження. Частіше за все такі джерела не можуть бути ідентифіковані або явно визначені, а прогнозування їх впливу на стан водних об'єктів являється проблемним в силу ймовірності випадіння атмосферних опадів, а також великого розміру і різноманіття водозбірних територій [12, 62].

4.2 Оцінки екологічного ризику забруднення на базі ймовірнісного підходу

Кількісний аналіз ризиків виконується за допомогою математичних і статистичних методів, таких як: статистичний метод; метод оцінки ймовірності очікуваного збитку; метод мінімізації втрат; метод використання дерева ймовірностей. Метод оцінки ймовірності очікуваного збитку заснований на тому, що ступінь ризику визначається як добуток очікуваного збитку на ймовірність того, що цей збиток відбудеться. Кількісна оцінка екологічного ризику може визначатися як добуток ймовірності виникнення небезпечної екологічної події помноженої на наслідки цієї події. Екологічний ризик може описуватися натуральними показниками збитку – кількістю жертв, числом зруйнованих об'єктів, величиною недоотриманого врожаю, можливим рівнем забруднення території та інше. Показником екологічних наслідків забруднення річок хімічними речовинами може слугувати перевищення концентрації речовини C над її гранично-допустимою концентрацією $C_{ГДК}$: $(C/C_{ГДК})$ [77, 78, 79].

При вирішенні задач оцінки ризиків розраховувалися показники R , які базуються на визначенні співвідношення концентрацій забруднювальної речовини та її ГДК [78]:

$$R \cong C_i > C_{ГДК_i}, \quad (4.1)$$

$$R=C_i/C_{ГДКі}>1, \quad (4.2)$$

$$R=C_{ГДКі}/C_i>1, \quad (4.3)$$

де R – кількісний показник ризику;

C_i – рівень концентрації i -ї забруднювальної речовини;

$C_{ГДКі}$ – гранично допустима концентрація для i -ї забруднювальної речовини. $C_{ГДКі}$ призначається в залежності від виду водокористувача.

З урахуванням ймовірності настання ризикової події показник ризику R набуває вигляду

$$R' = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{ГДКі}} \frac{N_{ai}}{N_i} > 1, \quad (4.4)$$

де C_i – концентрація i -тої забруднювальної речовини;

$C_{ГДКі}$ – гранично допустима концентрація i -тої забруднювальної речовини;

N_{ai} – кількість проб з хімічним показником, коли ГДК було перевищене;

N_i – загальне число відібраних проб.

4.3 Порівняльний аналіз показників екологічного ризику вище та нижче міста Харків

Як видно з рисунку 4.1 на річці Уди вище міста характеризує навантаження антропогенного забруднення важкими металами особливо спостерігались у 90-ті роки. У той же час на рис 4.2, де показано хід забруднюючих речовин нижче міста переважають ризики забруднення біогенними речовина-

ми. Ризики забруднення важкими металами мають тенденцію до зменшення, а біогенними речовинами до збільшення [78].

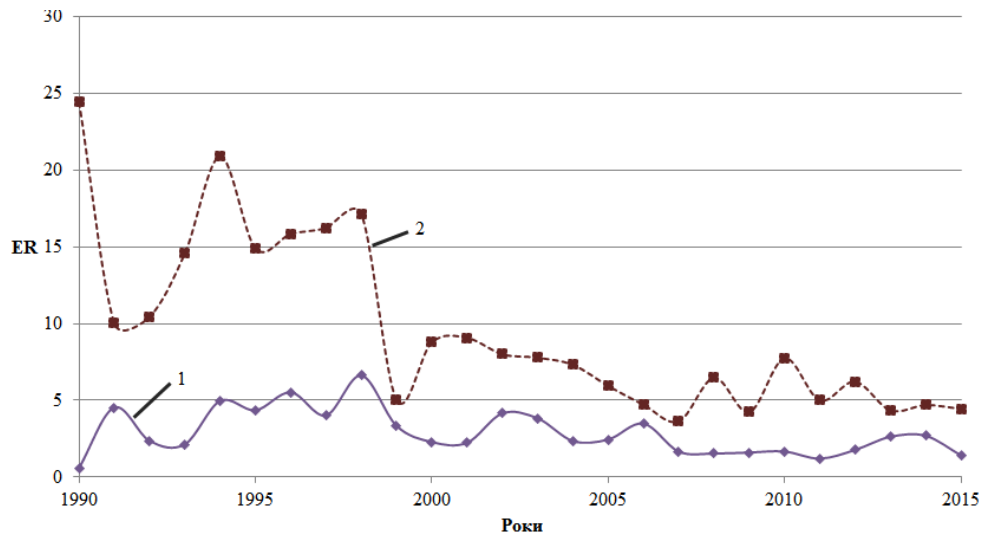


Рис. 4.1— Хронологічний хід ризику забруднення біогенними речовинами та важкими металами річки Уди 10 км вище міста Харків за 1990-2015 рр. (1 – ризик забруднення біогенними речовинами; 2 – ризик забруднення важкими металами).

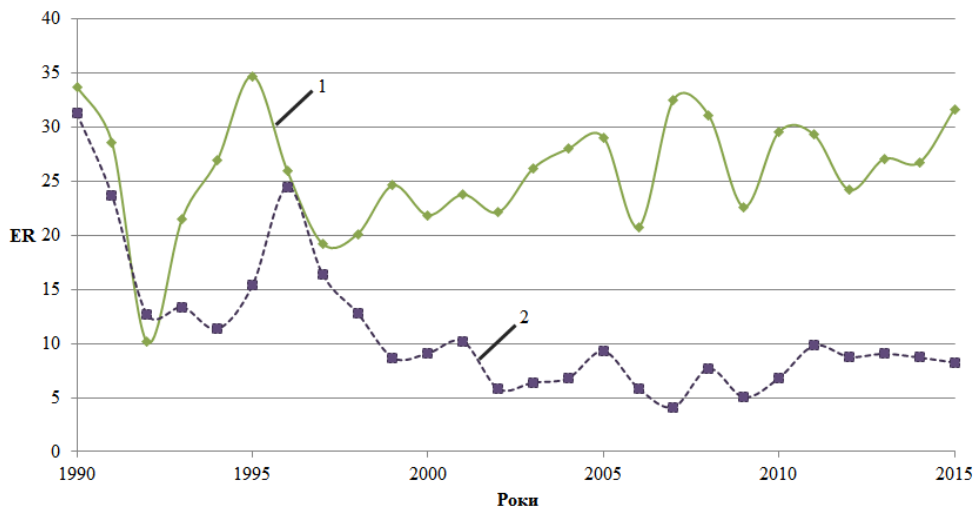


Рис. 4.2 – Хронологічний хід ризику забруднення біогенними речовинами та важкими металами річки Уди 9 км нижче міста Харків за 1990-2015 рр. (1 – ризик забруднення біогенними речовинами; 2 – ризик забруднення важкими металами).

Порівняння ризику забруднення вище та нижче міста Харків показав, що у нижньому створі цей ризик зростає у 5-7 разів (рис. 4.3). Ризик забруднення важкими металами у створі нижче Харкова характеризується зменшенням у часі як для верхнього так і для нижнього створів. Починаючи з 2011 року ризик забруднення важкими металами у нижньому створі перевищує ризик у верхньому в 2 рази (рис. 4.4).

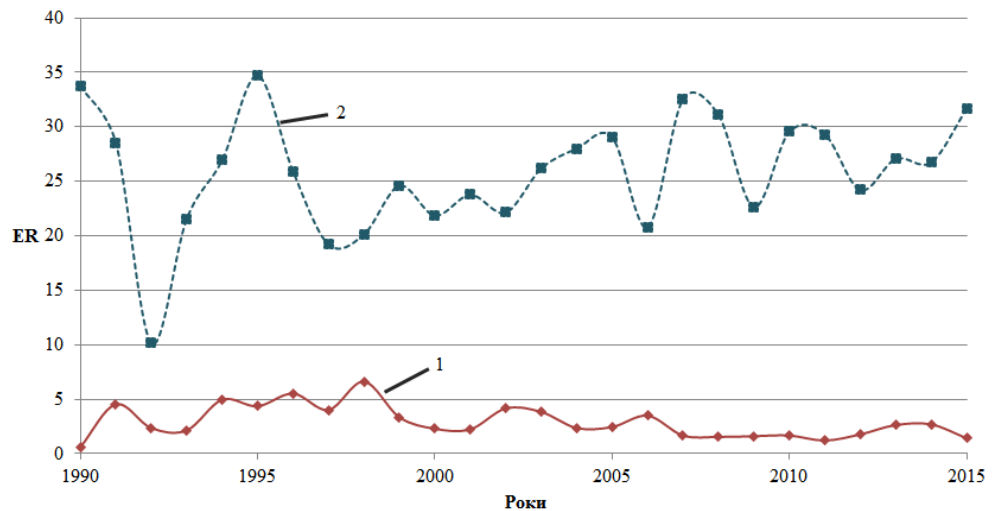


Рис 4.3– Суміщений хронологічний хід ризику забруднення біогенними речовинами вище та нижче міста Харків за 1990 – 2015 рр. (1 – ризик забруднення ER1 біогенними речовинами вище міста; 2 – ризик забруднення ER1 біогенними речовинами нижче міста).

Рівняння ризиків забруднення усіх розглянутих викидах, які ілюструють, що найбільший ризик забруднення обумовлений біогенними речовинами і це чітко простежується у створі нижче міста Харків (рис 4.5).

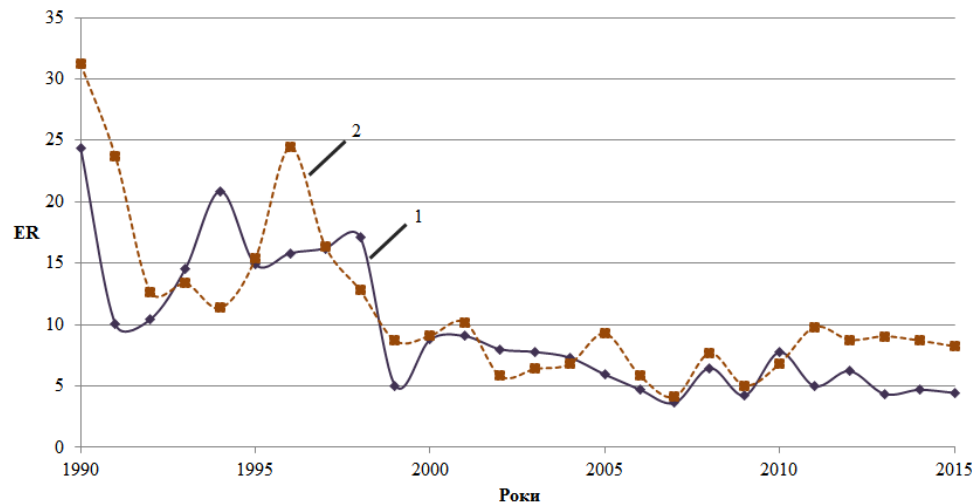


Рис 4.4 – Суміщений хронологічний хід ризику забруднення важкими металами вище та нижче міста Харків за 1990 – 2015 рр. (1 – ризик забруднення ER2 важкими металами вище міста; 2 – ризик забруднення ER2 важкими металами нижче міста).

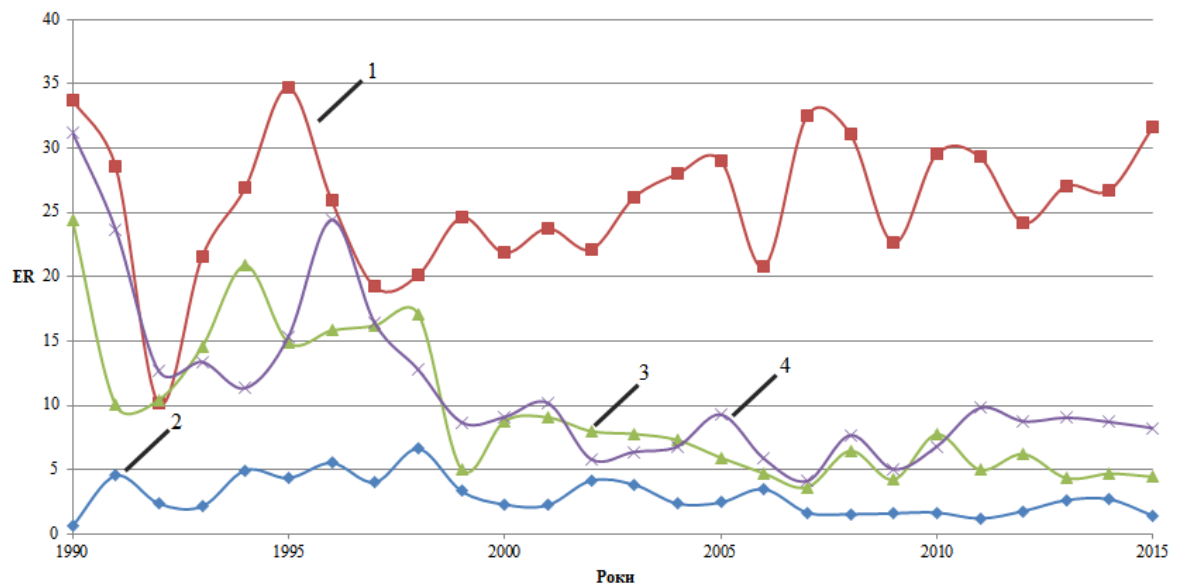


Рис 4.5 – Хронологічний хід ризику забруднення біогенними речовинами та важкими металами річки Уди 9 км нижче міста Харків за 1990-2015 рр. (1 – ризик забруднення ER1 біогенними речовинами нижче міста; 2 – ризик забруднення ER1 біогенними речовинами вище міста; 3 – ризик забруднення ER2 важкими металами вище міста; 4 – ризик забруднення ER2 важкими металами нижче міста)

5 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ «PROBITS»

5.1 Оцінки екологічного ризику забруднення на базі використання «probits»

Регіон розташування басейна річки Уди характеризується високим антропогенним тиском, що є підставою для визначення екологічного ризику різними методиками. Узагальнений екологічний ризик поділяється на два види:

- ризик порушення стійкості екосистем в результаті фактичного або потенційного забруднення навколишнього середовища;
- ризик для здоров'я населення – це ймовірність негативного впливу на здоров'я людини [80].

Метод оцінки екологічних ризиків з'явився від впливу джерел забруднення на воду органів заснована на обробці даних, зібраних за допомогою спеціальної розроблена експрес-схема польових досліджень на основі переважно біологічних даних. Експертний аналіз о характеристики рецепторів і показники ризику, величина антропогенного тиску і можлив загрози водній екосистемі застосовується на рівні детальної оцінки ризику [81, 82].

Екологічні нормативи можуть бути індивідуальними (для конкретних та унікальних об'єктів) і типовими; перспективний і потенційно можливий (з урахуванням новітніх технологій і тенденцій), відносно стабільний (тривалий) і оперативний (з урахуванням змін ситуації), прийнятний і оптимальний (цільові). Екологічні нормативи – це науково обґрунтовані значення показників (гідроморфологічних, гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні, мікробіологічні, радіаційні) водних екосистем, які відображають добрий екологічний стан водойми [81, 83, 84].

Екологічні норми встановлені на основі аналізу результатів обробки матеріалів попередніх гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних, еколого-токсикологічних та радіоекологічних експедиційних дослідження та режим спостереження. Це принципова відмінність екологічних норм для поверхневих вод стандарти якості та безпеки використання води (порогове граничне значення (TLV) для певних небезпечних речовин [84].

Ризик порушення самопочуття водної екосистеми (ER) оцінюється шляхом визначення probits на основі наступного рівняння:

$$P_{rob} = -2,3 + 2,2 \lg \sum \frac{C_i}{C_{ENi}} \quad (5.1)$$

де C_i – концентрація i -ї речовини у водоймі, мг/дм³; C_{ENi} – екологічний стандарт для i -я речовина у водоймі, мг/дм³.

На третьому етапі, відповідно до принципу нормально-імовірнісного розподілу, для значення P_{rob} , відповідне значення екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів становить встановлений (додаток Б, таблиця Б.1).

На четвертому етапі визначається загальний екологічний ризик погіршення стану водойм формула [84]:

$$ER = 1 - (1 - ER_1) * (1 - ER_2) * \dots * (1 - ER_n) \quad (5.2)$$

де ER – підсумований екологічний ризик погіршення стану водойм; ER_1, \dots, ER_n – екологічний ризик кожної забруднюючої речовини.

Далі наводиться характеристика екологічного ризику погіршення стану водойм.

Класифікація водних об'єктів за екологічним ризиком (табл. 5.1) дозволяє визначити їх придатність для використання води. Це важливо для ре-

алізації ітераційного підходу до управління водоохоронною діяльністю [81, 84].

Таблиця 5.1 – Характеристики якості поверхневих вод за значенням екологічного ризику

| Клас якості води | ER | Якісна оцінка екологічного ризику | Трофність |
|------------------|-------------|-----------------------------------|--------------|
| I відмінне | 0,01 - 0,19 | Мінімальний ризик | Оліготрофізм |
| II добре | 0,20 - 0,39 | Підвищений ризик | Мезотрофізм |
| III задовільне | 0,40 - 0,59 | Задовільний ризик | Єутрофізм |
| IV незадовільне | 0,60 - 0,79 | Високий ризик | Гіпотрофізм |
| V погане | 0,80 - 1,00 | Критичний ризик | Гіпертрофізм |

5.2 Порівняльний аналіз показників екологічного ризику з використанням «probits» вище та нижче міста Харків

Забруднення р.Уди важкими металами спостерігається по всій її довжині і показник ризику забруднення ними вище та нижче міста Харків майже не змінюється (рис 5.1). Оцінки показників ризиків забруднення ER виконувались окремо для біогенних речовин ER1 та важких металів ER2. Показники ризику забруднення біогенними речовинами вище та нижче міста Харків значно розрізняються (рис 5.2).

Ризик забруднення біогенними речовинами у створі вище міста менший ніж ризик забруднення важкими металами. У той же час показники ризику забруднення біогенними речовинами у створі нижче міста перевищують усі інші. Скидні комунальні води міста Харків збільшують ризик забруднен-

ня у 4-5 разів, що вказує на необхідність проведення заходів з очищення стічних вод, які надходять безпосередньо з міста Харків.

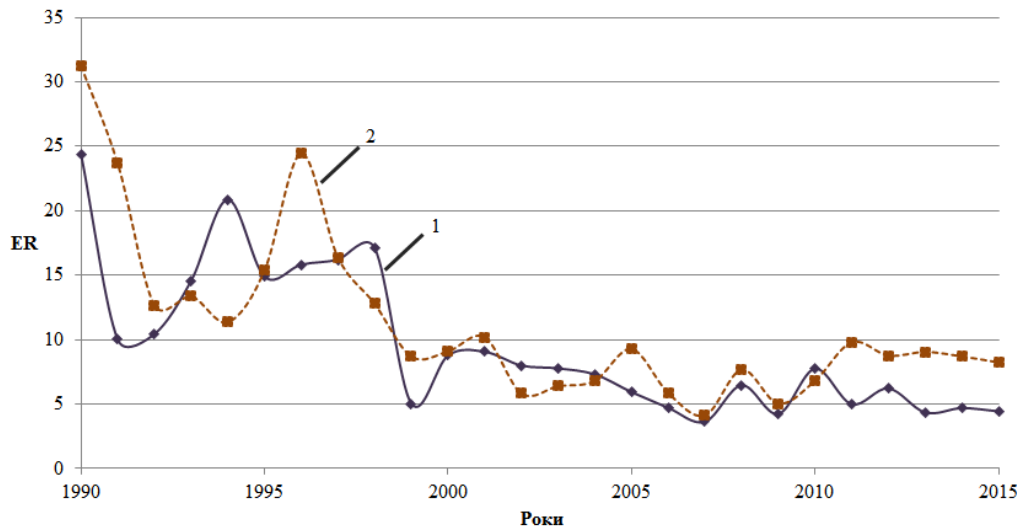


Рисунок 5.1– Суміщений хронологічний хід ризику забруднення важкими металами вище та нижче міста Харків за 1990 – 2015 рр. (1 – ризик забруднення ER2 важкими металами вище міста; 2 – ризик забруднення ER2 важкими металами нижче міста).

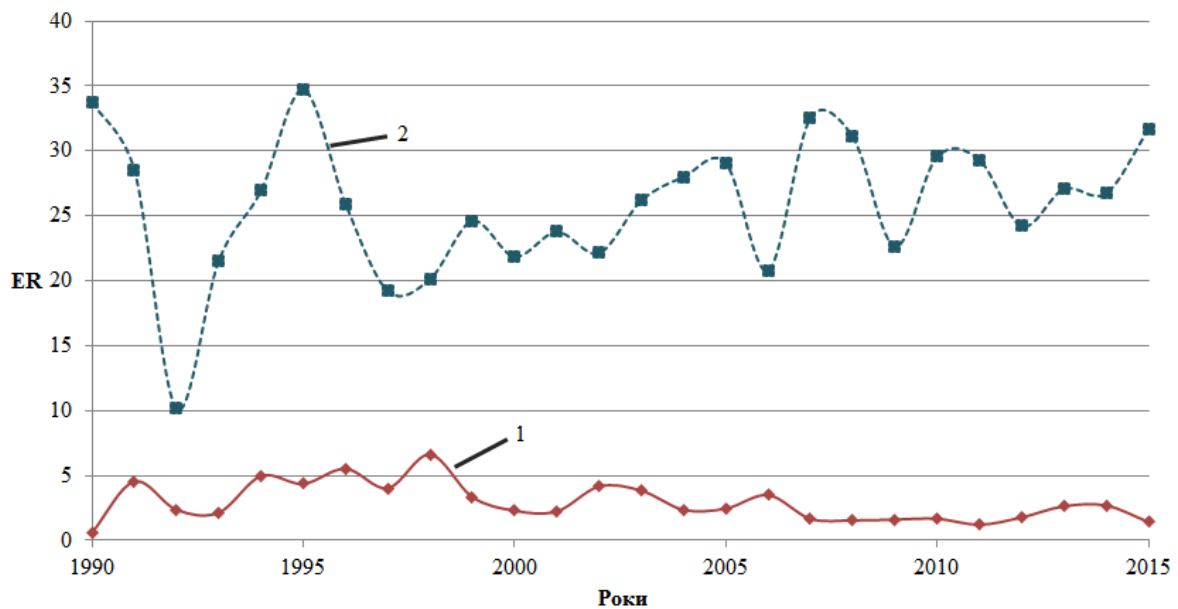


Рисунок 5.2– Суміщений хронологічний хід ризику забруднення важкими металами вище та нижче міста Харків за 1990 – 2015 рр. (1 – ризик забруднення ER1 важкими металами вище міста; 2 – ризик забруднення ER1 важкими металами нижче міста).

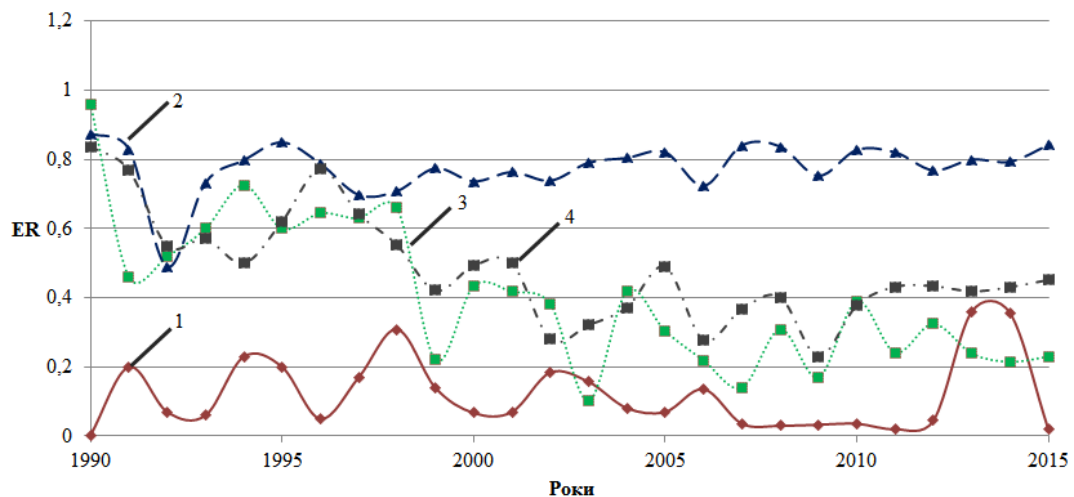


Рисунок 5.3 – Суміщений хронологічний графік ходу екологічних ризиків забруднення біогенними речовинами та важкими металами, для річки Уди вище та нижче міста Харкова за період з 1990-2015 рр. (1 – ER1 для біогенних речовин вище міста Харків; 2 – ER1 для біогенних речовин нижче міста Харків; 3 – ER2 для важких металів вище міста Харків; 4 – ER2 для важких металів нижче міста Харків).

Ризики забруднення важкими металами ER2 зменшуються у часі як у створі вище Харкова, так і нижче. Це пов'язано зі закриттям індустріальних підприємств на початку XXI сторіччя. Установлено, що середнє багаторічне значення ER1 (біогенні речовини) зростає з 0,212 у верхньому створі до 0,800 у нижньому створі. При цьому клас якості води змінюється з другого «підвищений ризик» на п'ятий «критичний ризик».

Середній багаторічний показник ризику забруднення води важкими металами ER2 змінюється від верхнього до нижнього створу від 0,51 до 0,585. Клас якості води не змінюється (3 клас для обох створів), ризик визначається як «значний». Отримані результати підтверджують висновок про те, що скиди міста Харків, які містять у собі важкі метали, не впливають суттєво на якість води р. Уди [81].

5.3. Складання таблиці якісного та кількісного оцінювання ризиків

У роботі надана оцінка екологічних ризиків забруднення важкими металами та біогенними речовинами за двома методами. Перший метод спирається на використання ймовірності перевищення ГДК для заданих хімічних компонентів. Другий метод спирається на пробіт-функцію, яка є функцією квантіля, пов'язана із стандартним нормальним законом розподілу [82, 84].

Зв'язок між $probits$ та ризиками на основі нормально-ймовірнісного розподілу є визначеним і представленим у роботі, де також наведена таблиця якісного та кількісного оцінювання ризику в залежності від значення ER [81].

З метою створення шкали якісного і кількісного оцінювання екологічних ризиків R можна використати зв'язок між значеннями R та комплексними показниками якості води, як це було зроблено у роботах [82] та [84].

У даній роботі запропоновано використати зв'язок між екологічними ризиками R та ER . Приклад такої залежності показаний на рис.5.4. Використовуючи цю залежність можна для будь якого значення R установити відповідне значення ER та скористатися ідентифікаційною шкалою ER (табл. 5.1), розробленою для ER . В результаті була розроблена шкала якісної та кількісної оцінки R (табл. 5.2). Для переходу до ймовірнісних оцінок (R) побудована крива забезпеченості (ймовірності перевищення) значень R (рис.5.5). За допомогою цієї кривої визначались забезпеченості тих значень R , які характеризують межі класів та зон, а також ймовірність попадання у кожну зону.

Згідно з екологічним ризиком R забруднення важкими металами вод річки Уди нижче міста Харків, найбільша ймовірне попадання у другий (добрий) та третій (задовільний) клас якості води. Імовірність критичного та мінімального ризику складає 5 та 3.8 відповідно.

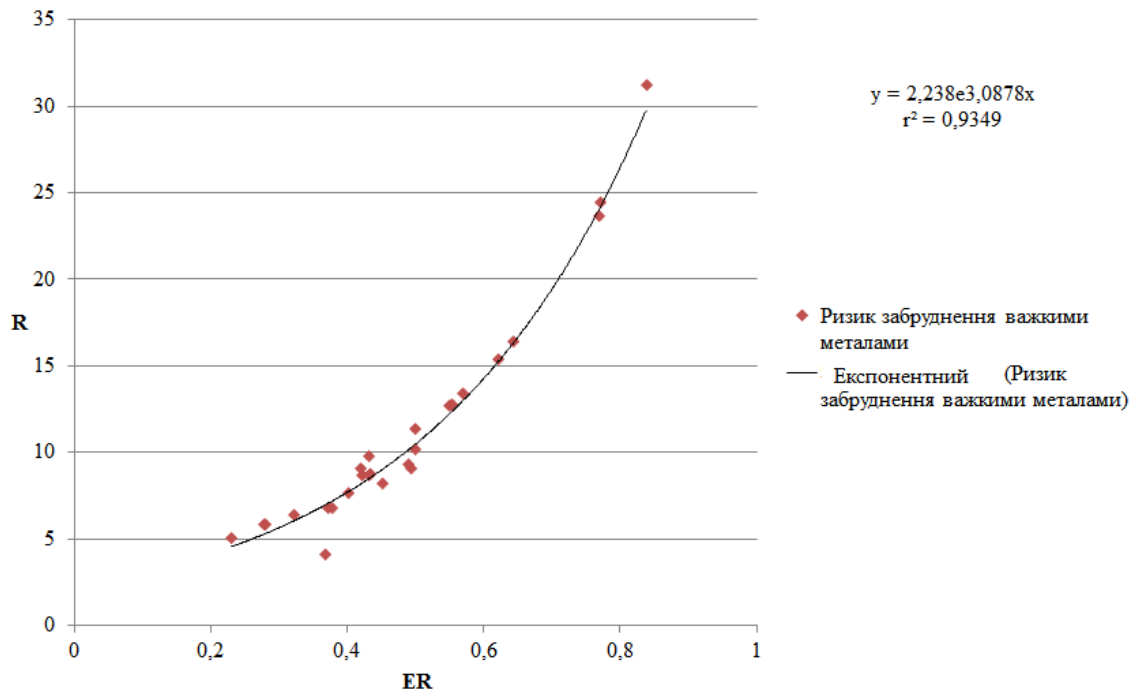


Рисунок 5.4.— Графік зв'язку між оцінками екологічних ризиків R та ER важких металів нижче міста Харкова.

Крива забезпеченості важких металів у нижньому створі м. Харків

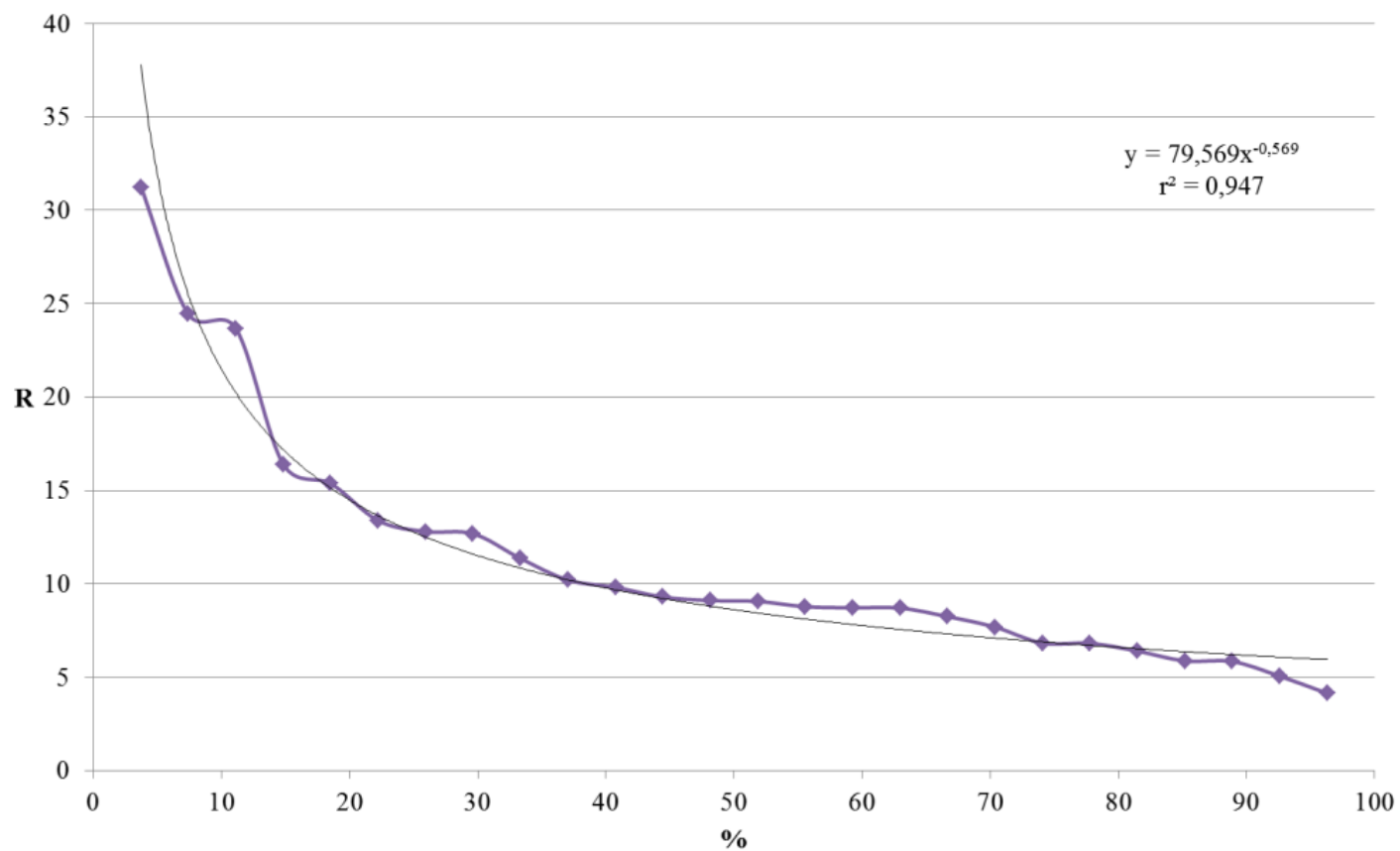


Рисунок 5.5 – Емпірична крива забезпеченостей екологічних ризиків забруднення важкими металами R для створу 9 км нижче міста Харків

Таблиця 5.2– Характеристики якості поверхневих вод за значенням екологічного ризику з індифікаційною шкалою для перекладу значення ER у R

| Клас якості води | ER | R | Якісна оцінка екологічного ризику | Трофність | Інтервал забезпеченості | | Імовірність попадання в заданий інтервал |
|------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------|------|--|
| I відмінне | 0,01 - 0,19 | 2,45-4,3 | Мінімальний ризик | Оліготрофізм | 99 | 94 | 5 |
| II добре | 0,20 - 0,39 | 4,4 - 7,9 | Підвищений ризик | Мезотрофізм | 93 | 59 | 34 |
| III задовільне | 0,40 - 0,59 | 8,0 - 15,1 | Значний ризик | Єутрофізм | 58 | 24 | 34 |
| IV незадовільне | 0,60 - 0,79 | 15,2 - 27,9 | Високий ризик | Гіпотрофізм | 23 | 5 | 18 |
| V погане | 0,80 - 1,00 | 28,0 - 52 | Критичний ризик | Гіпертрофізм | 4 | 0,21 | 3,8 |

ВИСНОВКИ

За даними гідрохімічних спостережень на р. Уди в пунктах 10 км вище та 9 км нижче м. Харків був проведений аналіз гідрохімічних показників за період з 1990 по 2015 роки. Установлено, що основними забруднювальними речовинами річки Уди за 10 км до вище міста Харків є важкі метали (хром, мідь, цинк). Забруднення біогенними речовинами (аміак, нітрити, нітрати, фосфати) у верхньому створі займає другорядне місце. У створі 9 км нижче міста Харків на перший план виходить забруднення біогенними речовинами, а внесок забруднення важкими металами зменшується.

Виявлено, що середнє багаторічне перевищення рибогосподарського ГДК вмістом хрому шестивалентного, міді та цинку у верхньому створі становить: 5,18; 3,08; 2,81 відповідно. У нижньому створі указані перевищення зростають до 5,21; 5,52; 3,20.

Установлений тісний кореляційний зв'язок між концентраціями важких металів у створах вище та нижче міста. Коефіцієнт кореляції між рядами концентрацій для хрому шестивалентного дорівнює 0,815; міді – 0,895; цинку – 0,760. Це можна інтерпретувати як існування одних і тих самих джерел забруднення як у верхньому так і у нижньому створах. Цими джерелами забруднення є, насамперед, промислові підприємства.

Середнє багаторічне перевищення рибогосподарського ГДК вмістом аміаку у верхньому створі становить 1,59 та 13,6 у нижньому. Для азоту нітритного NO_2^- ці перевищення становлять 1,69 та 13,35, відповідно. Що стосується нітратів, то їх вміст не перевищує рибогосподарське ГДК, але постійно зростає у часі.

Кореляція між вмістом аміаку та нітритів майже відсутня: $r_{\text{NO}_2} = -0,034$; $r_{\text{NH}_4} = -0,181$; $r_{\text{NO}_3} = 0,877$; $r_{\text{PO}_4} = -0,518$. Відсутність тісних зв'язків у верхньому та нижньому створах обумовлена наявністю скиду комунально-

побутових вод на ділянці від верхнього створу до нижнього, тобто безпосередньо у місті Харків.

Значне перевищення вмісту аміаку над нітратами і нітритами свідчать про переважання точкового забруднення біогенними речовинами над дифузним. Джерелом точкового забруднення є очисні споруди № 2 (КБО «Безлюдівський»), які скидають у річку Уди 109500 тис м³/рік (33% від середнього багаторічної величини річного стоку). У дуже маловодні роки 95% забезпеченості річного стоку об'єми скидів стоку (244 млн м³) наближаються та перевищують об'єми стоку (278 млн. м³).

Аналіз хронологічного ходу гідрохімічних показників дозволив установити, що вміст важких металів має стійку тенденцію до зменшення (по роках) як у верхньому так і у нижньому створах, що пов'язано із зменшенням об'ємів виробництва.

Виявлено, що вміст біогенних речовин (аміаку, нітратів, нітритів, фосфатів) набагато більший у нижньому створі ніж у верхньому. На початку XXI-го сторіччя спостерігається тенденція до зростання вмісту біогенних речовин.

Визначено, що за багаторічний період серед біогенних речовин найбільше перевищення ГДК має азот амонійний. На другому місці стоять фосфати. На третьому азот нітритний. Високі концентрації азоту амонійного та азоту нітритного свідчать про точкове забруднення біогенними речовинами.

Установлено, що з початку XXI сторіччя зростає роль нітратного забруднення, яке має дифузний характер. Нітрати надходять у воду у результаті дифузного забруднення за рахунок змиву забруднювальних речовин з поверхні під час проходження весняних водопіль та дощових паводків. Починаючи з 1998 року концентрації нітратів різко зростають.

Перевірка на вразливість забруднення сполуками азоту показала, що сумарний вміст сполук азоту не перевищує граничного значення 11,3 мг. Це означає, що досліджувана територія поки що не є вразливою до забруднення біогенними речовинами.

Оцінка екологічних ризиків була надана за двома методами: перший метод базується на використанні емпіричної імовірності перевищення значення ГДК, а другий – імовірнісної характеристики «probits». Probit функція є характеристикою квантіля, пов'язаною з стандартним нормальним розподілом. За величиною ризиків результати виявлені близькими. Оцінки надавалися окремо для біогенних речовин та важких металів. Виявлено, що у верхньому створі переважає ризик забруднення важкими металами, а у нижньому – ризик забруднення біогенними речовинами.

Розроблена таблиця якісної та кількісної оцінки ризиків (R), визначених за емпіричною імовірністю, на базі графіка зв'язку цієї характеристики з відповідною характеристикою (ER), яка базується на визначенні probit.

Установлено, що найбільш ймовірним є ризик попадання у другий клас («добрий», зона підвищеного ризику) та третій клас («задовільний», зона значного ризику). Імовірність попадання у зону високого ризику становить 18 %, а у зону критичного ризику 3,8.

Практична значущість роботи полягає у можливості застосування результатів дослідження при розробці стратегії розвитку Харківської області для ефективного управління.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Степаненко С.М., Польовий А.М., Лобода Н.С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: “ТЕС”, 2015. 520 с.
2. Лобода Н.С. Прогноз змін водних ресурсів України за сценаріями змін клімату (RCP4.5, RCP8.5) та оцінка ризиків для водного господарства // Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: колективна монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового; Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2018. 498-521 с.
3. Bolbot, H. and Grebin, V.: The structure of the water budget of the Udy River (Ukraine) under the influence of present climate change, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-11365.
4. Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC), 2021. The Physical Science Basis – Summary for Policy Makers. Електронний ресурс: URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf (дата звернення: 25.05.2022).
5. Kotchen M. J., Young O.R.. Meeting the challenge of the anthropocene: Towards a science of coupled human-biophysical system/ Global Environmental Change, 2(17), 2007. P. 148-151.
6. International Union for the Conservation of Nature (IUCN), 2016. Nature-based solution to address climate change. Електронний ресурс: URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-062.pdf> (дата звернення: 23.12.2021).
7. Васенко О.Г., Лунгу М.Л., Ільєвська Ю.А., Климов О.В. та ін. Комплексні експедиційні дослідження екологічного стану водних об’єктів басейну р.Уди (суббасейну р. Сіверський Донець) Харків: ВД «Райдер», 2006. 156 с.

8. Кондрашенко С. Экологические проблемы в городе Харькове / «Арістель», Київ, 2005. – 340 с. Електронний ресурс: URL: <http://oldconf.neasmo.org.ua/node/1317> (дата звернення: 03.01.2022).
9. Директива 2000/60/ЄС Європейського парламенту і ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водої політики» від 23.10.2000р.
10. Директива 91/271/ЄЕС Європейського парламенту і ради «Про очистку міських стічних вод» від 21 травня 1991 року.
11. Директива 91/676/ЄЕС Європейського парламенту і ради «Про захист вод від забруднення спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел» від 12 грудня 1991 року.
12. Жук В.М. Удосконалення моніторингу водогосподарських систем з урахуванням природного та антропогенного впливу (на прикладі р. Уди): дис.. канд, техн.. наук: 21.06.01 // Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. Харків, 2021. 259 с.
13. М. А. ДЕЙНЕГА. Використання і збереження водних ресурсів в Україні: сучасний стан імплементації норм права Європейського Союзу. «ПРАВО. ЛЮДИНА. ДОВКІЛЛЯ». Випуск 10, 2019. С. 62 – 71
14. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья / Под ред. М. С. Каганера. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. 492 с.
15. Максименко Н. В., Квартенко Р. А., Резник Е. Ю.. Оновлене фізико-географічне районування Харківської області. ХНУ ім. Каразіна. Серія «Екологія», 14 – 2016 р. С 20 – 32.
16. Фізико-географічні умови формування стоку. Електронний ресурс: URL: https://studwood.ua/1255404/geografiya/fiziko_geografichni_umovi_formuvannya_stoku (дата звернення: 07.01.2022).
17. Гильберг Р. Г. География родного края. Харьковская область. Харьков: Каравелла, 1999. 304 с.

18. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 230 с.
19. Дубинский Г.П., Смалько Я.А., Лотошникова А.И. Климат Харьковской области. Материалы Харьковского отдела Географического общества Украины, вып. VIII. Харьков, 1970. С. 31-41.
20. Решетченко С.І., Ткаченко Т.Г. Особливості розподілу атмосферних опадів на території Харківської області. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», випуск 44. Харків, 2016. С. 148-152.
21. Харківська область: Природа, населення, господарство / А.П. Голюков, О. Л. Сидоренко та ін. ; за ред. А. П. Голюкова, О. Л. Сидоренка. 2-ге вид., перероб. Та доп. Харків : Бізнес Інформ, 1997 288 с. (Серія: Регіони України).
22. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення // Вісник аграрної науки. № 6. Київ, 2010. С. 5-10
23. С. В. Скок. Оцінка якісного стану ґрунтів Харківської області в умовах антропогенного навантаження // Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди дня науки «сучасна наука: стан та перспективи розвитку». Херсон, 2021 р. С.145 -148.
24. Коваленко О.М., Поддашкін О.В., Рибалова О.В. Аналіз якісного стану ґрунтів Харківської області та причин їх забруднення. Східно-Європейський журнал передових технологій. № 2/4 (38). Харків, 2009. С. 9-16.
25. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення // Вісник аграрної науки. № 6. Київ, 2010. С. 5-10
26. Ю. А. Дронина. Флора и растительность бассейна р. Уди. Новосибирск, 1973. С. 150
27. Афанасьев Д. Я. Природні луки УРСР Рослинність УРСР. К.: Наук. думка, 1968. 225 с.

28. В. Остапко, О. Шевчук. флора та рослинність лучних пасовищ південного сходу України. ВІСНИК ЛЬВІВ. УН-ТУ. Серія біологічна. 2004. Вип. 36. С. 57-62.
29. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона: навчальний посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов / за ред. В. К. Хільчевського – К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 172 с.
30. Національна політика управління водними ресурсами України Електронний ресурс: URL: <http://gntb.gov.ua/files/conf08/zak.pdf> (дата звернення: 12.01.2022)
31. River Water Quality, Ecological Assessment and Control. Brussels, 1992. 752 p. EUR 1406EN-FR; Seager Y, Milne I., Rutt G., Crane M. Integrated biological methods for river water quality assessment // River Water Quality, Ecological Assessment and Control. Brussels, 1992. P. 399–415. EUR 1406EN-FR.
32. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. 22.12.2000. L. 327, vol. 43. 72 p.
33. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC // Official Journal of the European Communities of 24.12.2008. L. 348.
34. Водний кодекс України. Видання газети «Голос України», 1995. 15 с.
35. Електронний ресурс: URL: http://vodokanal.kharkov.ua-/content/udi_river 3. (дата звернення: 25.02.2022).

36. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: навч. посіб. Одеський державний екологічний університет. Одеса: «Екологія», 2012. 167 с.
37. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. – К.: Символ – Т, 1998. – 28 с.
38. Коробкова Г.В. Екологічне нормування якості поверхневих вод на прикладі басейну річки Сіверський Донець (в межах Харківської області) / Дисертація на здобуття наукового ступеня к.геогр.н.// Харків, 2018. – 248 с.
39. Жук В.М. Умови використання водних ресурсів р. Уди Харківської області. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. пр. Міжнародної науково-практичної конференції (м. Алушта, 12-16 вересня 2005 р.) УкрНДІЕП. Х.: Райдер, 2005. С. 287-292.
40. Жук В.М. Оцінка інтенсивності водокористування в Харківській області. Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна, № 1147. Серія «Екологія», вип. 12. Харків, 2015. С. 62-68
41. Бірюков О.В. Оцінка якості поверхневих вод у басейні річки Уди. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2020. Вип. 33 С. 48-55.
42. В.Г. Клименко, Д.С. Балаклийский. Гидрологический режим реки Уда и использование воды по водохозяйственным годам (в пределах харьковской области), Серія «Геологія. Географія. Екологія», випуск 46 2017 р, с. 86-91.
43. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2016 році / Харківська обласна державна адміністрація Департамент екології та природних ресурсів. – Харків, 2017. 212 с.
44. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2018 році / Харківська обласна державна адміністрація Департамент екології та природних ресурсів. – Харків, 2019. 210 с.
45. Жук В.М. Умови використання водних ресурсів р. Уди Харківської області. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. пр.

Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Линник П. М., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.. Київ: Ніка-центр, 2013. 240 с. Міжнародної науково-практичної конференції (м. Алушта, 12-16 вересня 2005 р.) УкрНДІЕП. Х.: Райдер, 2005. С. 287-292.

46. В. Г. Клименко, Д. С. Балаклійський Гідрологічний режим річки Уда та використання води за водогосподарськими роками (у межах Харківської області) Серія «Геологія. Географія. Екологія», випуск 46, 2017 р, с. 86-91.

47. Демченко М. А. Гидрография Харьковской области / М.А.Демченко // Материалы Харьковского отдела Географического общества Украины. Выпуск VIII. Харківська область. Природа и хозяйство. Изд. ХГУ, – Харьков 1971, – С. 51-66.

48. Лобода Н.С., Смалій О.В., Катинська І.В., Котович О.М. Оцінка змін якості води за довжиною річки Сіверський Донець на початку ХХІ сторіччя // Український гідрометеорологічний журнал, №23. Одеса., 2019. С.54-67. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Линник П. М. та ін. Київ: Ніка-Центр, 2013. 240 с.

49. Васенко О.Г., Верниченко-Цветков Д.Ю., Коваленко М.С., Ковальова О.М., Поддашкін О.В. Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. УкрНДІЕП. Вип. XXXII. Харків: Райдер, 2010. С. 36-53

50. Zhuk V., Artemiev S. Rybalova O. Ecological state of the Udy river Norwegian Journal of development of the International Science № 23/2018.

51. Шурда, К.Е. Методи якісного та кількісного аналізу ризиків. Збалансоване природокористування, 4, 2020. 64 – 72.

52. Лобода, Н.С., Кулачок, К.В. (2019). Методичні підходи до оцінки екологічних ризиків на базі використання комплексних показників якості води. Збірник наукових праць. VII –й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology – 2019). Україна, Вінниця.

53. О.В. Безроднова, І.Я. Тимочко, О.О. Сенчило, В.А. Соломаха, В.Л. Шевчик / Ботанічна та оселищна характеристика об'єкта смарагдової мережі «Роганка» (харківська обл.) – Агроекологічний журнал № 4, 2020

54. Г.І. Архіпова, Т.О. Мудрак, Д.В. Вплив надлишкового вмісту важких металів на організм людини. Електронний ресурс: URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2004/7/Arhipova.pdf> (дата звернення: 10.05.2022).

55. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Линник П. М., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.. Київ: Ніка-центр, 2013. 240 с.240

56. Васенко О.Г., Рибалова О.В., Артем'єв С.Р. та ін. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. Харків, НУГЗУ, 2015. 419 с.

57. Жук В.М. Умови використання водних ресурсів р. Уди Харківської області. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. пр. Міжнародної науково-практичної конференції (м. Алушта, 12-16 вересня 2005 р.) УкрНДІЕП. Х.: Райдер, 2005. С. 287-292.

58. Буркинський, Б.В., Рубель, О.Є. (2016). Оцінка ризиків для здоров'я людини та навколишнього середовища від джерел забруднення ґрунту та вод. Звіт “Інвентаризація, оцінка та зменшення впливу антропогенних джерел забруднення в Нижньодунайському регіоні України, Румунії, республіки Молдова, 2007-2013” (MIS ETC CODE 995). НАН України, Інститут проблем ринку та еколого-економічних досліджень. Одеса, 84.

59. Лобода Н. С., Худякова М.В. Оцінка ступеня забруднення річки Уди під впливом скидних вод міста Харків на початку ХХІ сторіччя. Матеріали ХХІ Наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету - 2022, 23-31 травня. - Одеса: ОДЕКУ. 2022

60. Г. І. Швець, Н. І. Дрозд, С. П. Левченко Уды // Каталог річок України— Київ : Вид-во АН УРСР, 1957. — 192 с.

61. Лобода Н. С., Худякова М.В. Дослідження ступеню гідрологічного забруднення річки Уди сполуками азоту. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції "Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2021)" (м. Чернігів, 17 грудня 2021 р.): у 2 ч., Ч. I. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – с. 34-36.

62. Осадча Н. М., Ухань О. О., Чехній В. М., Голубцов О. Г. Оцінка емісії біогенних елементів та органічних речовин у поверхневій воді басейну річки Сіверський Донець від дифузних джерел // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології / за ред. чл.-кор. НАН України В. І. Осадчого та ін.. Київ: Ніка-центр, 2019. С. 192–199.

63. Loboda, N. & Daus, M. Development of a method of assessment of ecological risk of surface water pollution by nitrogen compounds. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol.5 №10 (113): Ecology, 2021, P.15-25.

64. Нітратне забруднення води та сільське господарство: проблема та рішення. Електронний ресурс: URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2019/12/nitratne_zabrudnennia_vody-s2.pdf (дата звернення: 23.04.2022).

65. Буркинський, Б.В., Рубель, О.Є. (2016). Оцінка ризиків для здоров'я людини та навколишнього середовища від джерел забруднення ґрунту та вод. Звіт "Інвентаризація, оцінка та зменшення впливу антропогенних джерел забруднення в Нижньодунайському регіоні України, Румунії, республіки Молдова, 2007-2013" (MIS ETC CODE 995). НАН України, Інститут проблем ринку та еколого-економічних досліджень. Одеса, 84.

66. Звіт про стратегічну екологічну оцінку стратегії розвитку харківської області на 2021-2027 роки і плану заходів на 2021-2023 роки з реалізації стратегії розвитку Харківської області на 2021-2027 роки Електронний ресурс: URL: <https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1026/1025-38/files-/Звіт%20CEO.pdf> (дата звернення 23.03.2022)

67. А. К Запольський, І. В. Шумигай Охорона питних вод від виснаження і забруднення. Агроекологічний журнал. - № 3. - 2015. - С. 6-15.
68. Дмитренко Т. В, Пономаренко Є. Г.. Проблема забруднення поверхневих вод Харківського регіону. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики і рішення» ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2–3 листопада 2021 р.
69. Шпякіна П. І. Біологічне очищення стічних вод від сполук фосфору / П. І. Шпякіна, О. І. Семенова // Фундаментальні і прикладні науки – 2015 : матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Шефільд, 30 жовтня – 7 листопада 2015. – С. 77-79.
70. Гвоздев Д.О., Барановська О.В.. Промисловий вплив на водні ресурси України. Вісник студентського наукового товариства Випуск 20, Ніжин, 2018. С. 3 – 9.
71. Івашко, В. Г. Статистичний аналіз стану та використання водних ресурсів Україною. Статистика – інструмент соціально-економічних досліджень : збірник наукових студентських праць. Випуск 3. Частина I – Одеса, ОНЕУ. – 2017. – С. 82 – 89.
72. Г. В. Коробкова. Сучасний екологічний стан басейну річки Сіверський Донець в межах Харківської області. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Серія "Екологія". Випуск 14, 2016. С 66-70.
73. Лобода Н. С., Смалій О. В., Катинська І. В., Котович О. М.. Оцінка змін якості води по довжині річки Сіверський Донець на початку XXI сторіччя. Український гідрометеорологічний журнал. Випуск 23, 2019. С 54 – 68.
74. Ковальчук І.П., Гідроекологічний моніторинг: навчальний посібник /Ковальчук І.П., Курганевич Л.П. Львів: ЛНУ імені Івана Франка,2010.- 292 с.

75. Тишляк О.Ю. Белікова Т.Б. екологічні проблеми якості води басейну р. Сіверський Донець. XIII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів, 2018 с 198 – 200.
76. Директива 98/83/ЄС Європейської ради «Про питну воду» від 3 листопада 1998 року
77. Shurda K.E. Basic risk assessment methods. *Annali d'Italia*. Vol.2., 2020 51 – 53. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/26781.pdf> (дата звернення: 12.03.2022).
78. Методичні рекомендації щодо оцінки ймовірності ризикових подій внаслідок забруднення водних об'єктів та ґрунтів української частини Нижньодунайського регіону (2016). Одеса: ФОП Шилов М.В.
79. В. Б. Хазан, П. В. Хазан. Визначення екологічної безпеки на підставі дослідження системи екологічних ризиків. *Екологія і природокористування*, Випуск 16, 2013. С. 64-70.
80. Ting-Ting Ding, Shi-Lin Du, Zi-Yan Huang, Ze-Jun Wang, Jin Zhang , Ya-Hui Zhang, Shu-Shen Liu, Lian-Sheng He Water quality criteria and ecological risk assessment for ammonia in the Shaying River Basin, China - *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021.
81. Robert V. Asd. *Basic Probability theory*. Mineola, New York, 1970, 350 p.
82. Finney, D., *Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve*, Cambridge University Press, Cambridge, 1952, 256.
83. Rybalova O., Artemiev S, Sarapina M., Tsymbal B. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state - *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2018.
84. Finney, D., *Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve*, Cambridge University Press, Cambridge, 1952, P. 256.
85. Šelešovský J., Pachmáň J. Probit Analysis - a Promising Tool for Evaluation of Explosive's Sensitivity. *Central European Journal of Energetic Materials*. Bibliogr. 7 poz, 2010. P. 269-278.

ДОДАТКИ

Додаток А

Оцінка ступеня забруднення вод річки Уди за гідрохімічними показниками

Таблиця А.1 – Осереднені значення перевищень концентрацій забруднювальних речовин та їх компонентів над ГДК рибогосподарського використання на досліджуваних пунктах р. Уди за період 1990-2015 рр.

| Пости | р. Уди – 10 км вище міста | р. Уди – 9 км нижче міста |
|------------------|------------------------------|------------------------------|
| Сі/ГДКрб | | |
| (рН) | 1,21 | 1,17 |
| O_2 | 0,65 | 0,94 |
| Завислі речовини | 1,30 | 1,40 |
| БСК ₅ | 1,26 | 2,77 |
| Mg^{2+} | 0,56 | 0,56 |
| Cl^- | 0,11 | 0,27 |
| Ca^{2+} | 0,47 | 0,55 |
| SO_4^{2-} | 0,99 | 1,73 |
| NH_4^+ | 1,46 | 7,96 |
| NO_2^- | 1,69 | 13,3 5 |
| NO_3^- | 0,05 | 0,22 |
| Фосфати | 1,46 | 5,36 |
| Залізо загальне | 1,81 | 2,17 |
| Мідь | 3,08 | 5,52 |
| Цинк | 2,81 | 3,20 |
| Хром (6+) | 5,18 | 3,20 |
| Нафтопродукти | 2,65 | 3,82 |
| Феноли | 2,31 | 2,78 |

Додаток Б

Таблиця Б.1 – значення «probits» показників ризику ER для біогенних речовин та важких металів, а також клас якості води у створі вище та нижче міста Харків

| | Ризики по роках | | | | Переведені в ER | | | | Клас якості води | | | |
|------|-----------------|-----------|----------|-----------|-----------------|--------|----------|---------|------------------|--------|----------|---------|
| | ВИЩЕ | | НИЖЧЕ | | ВИЩЕ | | НИЖЧЕ | | ВИЩЕ | | НИЖЧЕ | |
| | Біогенні | Т.мет. | Біогенні | Т. мет. | Біогенні | Т.мет. | Біогенні | Т. мет. | Біогенні | Т.мет. | Біогенні | Т. мет. |
| 1990 | -2,78001 | 0,7520568 | 1,061854 | 0,9886335 | 0,003 | 0,960 | 0,875 | 0,838 | I | V | V | V |
| 1991 | -0,85498 | -0,098276 | 0,902607 | 0,723438 | 0,200 | 0,460 | 0,830 | 0,770 | II | III | V | IV |
| 1992 | -1,47625 | -0,059126 | -0,0861 | 0,1266515 | 0,070 | 0,520 | 0,490 | 0,550 | I | III | III | III |
| 1993 | -1,57136 | 0,2588457 | 0,633354 | 0,178144 | 0,060 | 0,600 | 0,733 | 0,570 | I | IV | IV | III |
| 1994 | -0,76855 | 0,603229 | 0,846811 | 0,0209683 | 0,230 | 0,726 | 0,798 | 0,500 | II | IV | IV | III |
| 1995 | -0,89328 | 0,2807189 | 1,088869 | 0,3106099 | 0,200 | 0,600 | 0,850 | 0,621 | II | IV | V | IV |
| 1996 | -0,66618 | 0,3385061 | 0,809917 | 0,7538937 | 0,050 | 0,645 | 0,788 | 0,772 | I | IV | IV | IV |
| 1997 | -0,96940 | 0,36140 | 0,52405 | 0,3723558 | 0,170 | 0,630 | 0,698 | 0,643 | I | IV | IV | IV |
| 1998 | -0,49384 | 0,4139873 | 0,56839 | 0,1350621 | 0,309 | 0,660 | 0,709 | 0,553 | II | IV | IV | III |
| 1999 | -1,14509 | -0,752409 | 0,759950 | -0,233600 | 0,140 | 0,220 | 0,775 | 0,421 | I | II | IV | III |
| 2000 | -1,50683 | -0,224957 | 0,646985 | -0,190304 | 0,067 | 0,434 | 0,737 | 0,493 | I | III | IV | III |
| 2001 | -1,52736 | -0,193699 | 0,727281 | -0,081563 | 0,070 | 0,418 | 0,764 | 0,500 | I | III | IV | III |
| 2002 | -0,93831 | -0,312976 | 0,659045 | -0,615265 | 0,184 | 0,382 | 0,739 | 0,280 | I | II | IV | II |
| 2003 | -1,01460 | -0,340172 | 0,819332 | -0,52745 | 0,157 | 0,102 | 0,791 | 0,701 | I | I | IV | IV |
| 2004 | -1,47826 | -0,398822 | 0,883762 | -0,46706 | 0,081 | 0,419 | 0,805 | 0,372 | I | III | V | II |
| 2005 | -1,44135 | -0,597849 | 0,919045 | -0,170841 | 0,070 | 0,304 | 0,821 | 0,490 | I | II | V | III |
| 2006 | -1,10451 | -0,817865 | 0,59860 | -0,609585 | 0,136 | 0,219 | 0,724 | 0,278 | I | II | IV | II |
| 2007 | -1,80795 | -1,066881 | 1,027113 | -0,945805 | 0,036 | 0,140 | 0,841 | 0,903 | I | I | V | V |
| 2008 | -1,88465 | -0,516335 | 0,983883 | -0,352383 | 0,030 | 0,309 | 0,838 | 0,402 | I | II | V | III |
| 2009 | -1,84243 | -0,920186 | 0,680179 | -0,75351 | 0,033 | 0,170 | 0,753 | 0,230 | I | I | IV | II |
| 2010 | -1,80661 | -0,343704 | 0,935096 | -0,466141 | 0,036 | 0,390 | 0,828 | 0,378 | I | II | V | II |
| 2011 | -2,11296 | -0,761898 | 0,927086 | -0,118706 | 0,020 | 0,242 | 0,821 | 0,432 | I | II | V | III |
| 2012 | -1,74889 | -0,553272 | 0,744441 | -0,225321 | 0,045 | 0,325 | 0,769 | 0,434 | I | II | IV | III |
| 2013 | -1,37384 | -0,894348 | 0,851169 | -0,19508 | 0,360 | 0,239 | 0,800 | 0,419 | II | II | V | III |
| 2014 | -1,35095 | -0,822451 | 0,839605 | -0,23177 | 0,356 | 0,215 | 0,794 | 0,431 | II | II | IV | III |
| 2015 | -1,96119 | -0,873608 | 1,000458 | -0,285231 | 0,020 | 0,230 | 0,842 | 0,452 | I | II | V | III |

