

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

На правах рукопису

УДК 556.16

Кваліфікаційна робота бакалавра
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ТА АНАЛІЗ
ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ
Р. ГОЛОВЕСНЯ

Галузь знань **10** – **Природничі науки**

Спеціальність **103** – **Науки про Землю**

Освітня програма **Управління та екологія водних ресурсів**

студентки 4-го курсу

Подобрій Анни Павлівни

Науковий керівник: к. геогр. н., доцент,
доцент кафедри гідрології та гідроекології
Лук'янець Ольга Іванівна

Київ – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ БАСЕЙНУ Р.ГОЛОВЕСНЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ	7
1.1. Географічне положення	7
1.2. Геологічна будова та рельєф	8
1.3. Кліматична характеристика	9
1.4. Ґрунтовий та рослинний покрив	11
1.5. Водний режим	11
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА МАТРИЦІ КОЕФІЦІЄНТІВ ПАРНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ.....	14
2.1. Загальні відомості про методику екологічної оцінки якості поверхневих вод	14
2.2. Порядок виконання розрахунку екологічної оцінки якості води	15
2.3. Методика побудови матриці парних кореляцій між показниками хімічного складу	17
РОЗДІЛ 3. ОСОБИСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ Р. ГОЛОВЕСНЯ.....	20
3.1. Лабораторія регіональних гідрохімічних досліджень, відділ гідрохімії УкрГМІ	20
3.2. Власні дослідження хімічного складу води р. Головесня	22
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ Р. ГОЛОВЕСНЯ ТА АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ.....	27

	3
4.1. Вихідні дані	27
4.2. Оцінка якості води р. Головесня за інтегральним екологічним індексом	28
4.3. Аналіз матриці коефіцієнтів кореляції між показниками хімічного складу р. Головесня	35
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	41
ДОДАТКИ.....	44

ВСТУП

Актуальність. Водні ресурси мають вирішальне значення в економічній безпеці країн. Вони забезпечують всі сфери функціонування суспільства, виступають як важливий природний ресурс подальшого економічного та соціально-екологічного розвитку країни. Якісна питна вода – неодмінна умова підвищення рівня життя населення України. Поверхневі водні джерела забезпечують близько 70% населених пунктів України. Тому моніторинг та контроль якості поверхневих вод є одним з головних завдань концепції сталого розвитку суспільства з метою збереження середовища його існування. Особливо це стосується малих річок місцевого призначення та використання. Через незначний водний стік та обмежені можливості до самоочищення, навантаження на них проявляється у більшій мірі за рахунок як природних, так і антропогенних чинників.

Річка Головесня за площею належить до малих річок. На території водозбору розташовано невеликі населені пункти, для яких річка виступає джерелом господарського використання. Поруч, на території Коропського району розташовано Мезинський національний природний парк. У гідрологічному заказнику місцевого значення «Покошицьке» охороняються евтрофні осокові болота [3].

Саме тому, увага до якості поверхневих вод р. Головесня є досить актуальним питанням.

Мета: виконати екологічну оцінку якості води р. Головесня, провести дослідження кореляційних зв'язків між компонентами хімічного складу та оцінити їх точність.

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання:**

- охарактеризувати фізико-географічні умови басейну р. Головесня та особливості водного режиму річки;

- узагальнити знання про методичні основи визначення екологічної оцінки якості води;
- засвоїти методику парної кореляції між показниками хімічного складу;
- оцінити якість води річки за екологічною класифікацією (по блокових індексах та за інтегральним індексом);
- побудувати матрицю парної кореляції;
- оцінити точність визначених коефіцієнтів кореляції;
- проаналізувати випадки достатньо тісної кореляції.

Об'єкт дослідження: р. Головесня (притока р. Десна).

Предмет дослідження: гідрохімічний склад води р. Головесня – пост Покошичі.

Вихідні матеріали. Для розрахунків використано дані мережі спостережень Державної служби з надзвичайних ситуацій України за період 1989-2019 рр. та результати лабораторних досліджень (2020-2023 рр.) у лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень УкрГМІ, у тому числі власних досліджень за період 2022-2023 рр.

Методи дослідження ґрунтуються на загально-географічних та статистичних прийомах: математична статистика, кореляційний аналіз, узагальнення, географічний аналіз, аналітичний, лабораторний.

Всі розрахунки було зроблено з допомогою ПК: Stockstat та пакет Microsoft Office (програм Excel 2016 та Word 2016).

Наукова новизна: проведено дослідження екологічної оцінки якості води річки Головесня за багаторічний період з 1989 по 2023 рік, використовуючи дані власного дослідження в лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень УкрГМІ. Вперше для річки Головесня була побудована та проаналізована матриця парної кореляції гідрохімічних елементів, що дозволило виявити тенденції їх змін та встановити взаємозв'язки між різними параметрами хімічного складу води. Отримані результати сприятимуть розширенню знань щодо особливостей формування

гідрохімічного складу річки та розумінню впливу антропогенних та природних чинників на водні екосистеми.

Практичне значення одержаних результатів: отримані результати досліджень можуть мати важливе практичне значення у сфері водного господарства, охорони навколишнього середовища та охорони здоров'я. Зокрема, аналіз якості води р. Головесня та встановлення взаємозв'язків між компонентами її хімічного складу може стати основою для розробки та реалізації ефективних стратегій збереження та відновлення водних ресурсів. Дані досліджень також можуть бути використані для інформування громадськості, органів місцевої влади для розробки стратегій збереження екосистеми річки та забезпечення екологічної стабільності в басейні р. Головесня.

Бакалаврська робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (19), додатків (3). Обсяг основної частини дослідження (від першої сторінки до закінчення висновків – (39) сторінок.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ БАСЕЙНУ Р. ГОЛОВЕСНЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ

1.1. Географічне положення

Річка Головесня – це правобережна притока першого порядку р. Десна розташована на півночі України в північно-східній частині Чернігівської області в Коропському районі (рис.1.1).

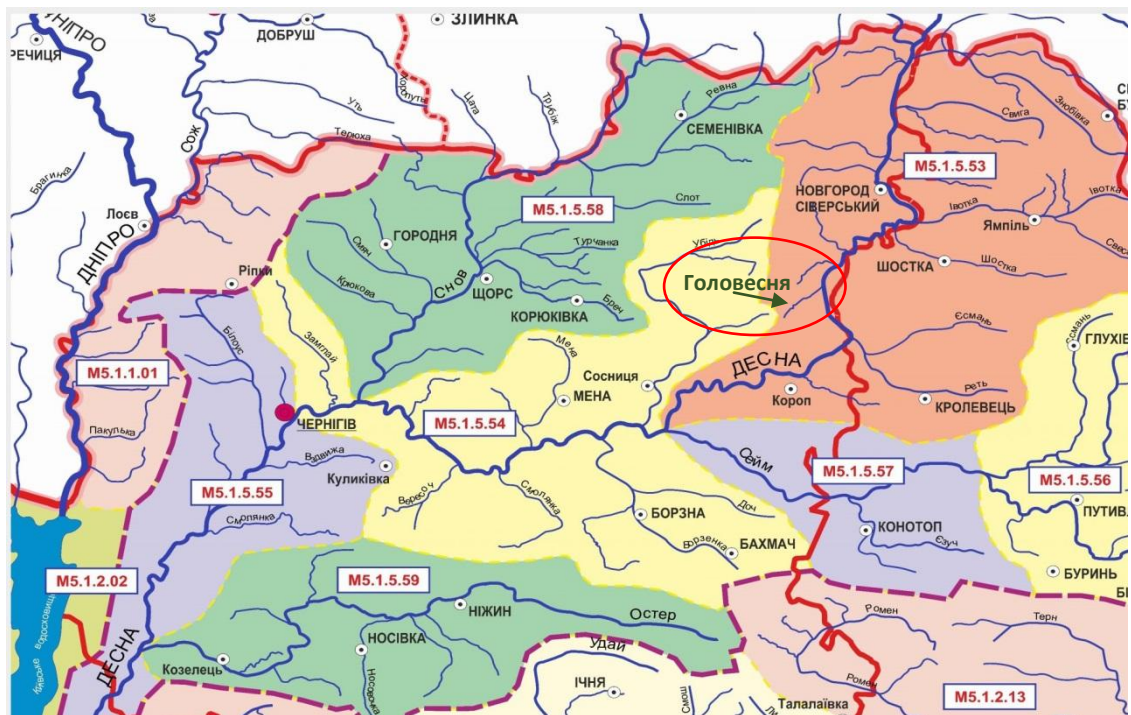


Рис. 1.1. Розташування р. Головесня в суббасейні р. Десна [11]

Відповідно до статті 79 чинного Водного кодексу України про класифікацію річок, річка Головесня відноситься до малих річок, площею водозбору до 2 тис. км². Повна площа водозбору річки становить 43,0 км² [6].

Гідрографічні показники річки Головесня близькі до середніх показників малих річок басейну р. Десни. Середня площа водозбору таких річок складає

25,5 км², довжина 5,73 км, густина річкової мережі 0,23 км². За каталогом річок Мокляка (1957 р.) довжина річки Головесня становить 15 км [3]. За власними розрахунками з використанням супутникового знімку в програмі Google Earth (станом на 24.08.2019 р.), довжина річки Головесня склала 14,65 км (початок: при злитті 3 струмків) (рис.1.2).



— Русло річки Головесня

Рис. 1.2. Русло р. Головесня виміряне за допомогою супутникового знімку Google Earth

На території водозбору розташована Придеснянська водно-балансова станція, що веде свої спостереження з 1929 р. (показники водного стоку та компоненти водного балансу, хімічний склад води р. Головесня).

1.2. Геологічна будова та рельєф

Територія басейну р. Головесня розташована на південно-західних відрогах Середньоруської височини, біля південної межі зони мішаних лісів на

лесовому острові (Придеснянське плато). Рельєф водозбору має яскраво виражений яружно-балковий характер із чіткою вододільною лінією.

Геологічна будова району характеризується поширенням крейдових, третинних і четвертинних відкладів. Відклади крейдового періоду представлені крейдою і крейдовим мергелем, які виходять на поверхню в нижній частині долини р. Головесня. Перекриті канівським ярусом третинної системи, що представлені опоками, зеленим глауконітовим піском і піщаником. Вище залягають вохристо-жовті піски бучакського ярусу, а також піски та глини полтавського ярусу[6].

Потужність червоно-бурих глин у басейні р. Головесня складає близько 3–5 м, у долині річки потужність зменшується до 50–70 см.

Відклади четвертинного періоду представлені: моренними, надморенними, підморенними, алювіальними й делювіальними. Лес залягає на різних висотах (зазвичай 1-3 м), покриваючи схили долин і балок.

Річкові долини складено алювіальними утвореннями, а саме різнозернистими пісками та суглинками, і перекриті торфом потужністю понад 10 м.

Делювіальні відклади: лесовидні супіски й суглинки, що вкривають нижні частини схилів долини і заповнюють западини (блюдця). У відшаруваннях долини р. Головесня, а також балок і ярів у верхній частині водозбору (вище за гідрометричний пост) розкриваються червоно-бурі глини. У нижній частині водозбору трапляються у відшаруваннях і полтавські піски [6].

1.3. Кліматична характеристика

Клімат на території басейну р. Головесня помірно-континентальний, м'який, достатньо-вологий. Зима малосніжна, у більшості років стійка, порівняно тепла, літо тепле та помірно-вологе.

Спостереження за кліматичними та гідрологічними показниками веде Придеснянська водно-балансова станція, що веде спостереження з 1929 року.

До переліку виміру кліматичних показників входять: виміри температури повітря, вологості, швидкості вітру, хмарність, сонячна радіація (в 1 пункті); виміри опадів (у 12 пунктах); запаси води в снігу вздовж ландшафтного маршруту; вологість та вологозапаси в ґрунті (у 59 пунктах); промерзання та танення ґрунтів (у 65 пунктах).

Середнє багаторічне значення річної температури повітря за результатами спостережень з 1929 по 2013 рр. становить $6,3^{\circ}\text{C}$, максимальні показники зафіксовано у 2007–2008 рр. – $+8,1^{\circ}\text{C}$, мінімальні – $-3,8^{\circ}\text{C}$ в 1987 р.

Температура найтеплішого місяця (липень) – $+19,0^{\circ}\text{C}$, найхолоднішого (січень) – $-6,9^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури було зафіксовано у 2010 р. – $+38,3^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум – $-35,9^{\circ}\text{C}$ в 1929 р.

Середнє багаторічне значення річної величини парціального тиску водяної пари становить $8,6$ гПа, максимум настає в липні ($15,6$ гПа), мінімум – у січні ($3,6$ гПа).

Середнє багаторічне значення шару атмосферних опадів – 670 мм/рік, з яких близько 70% випадає в теплий період року. Місяць з найбільшою кількістю атмосферних опадів – липень, 83 мм. Найменше кількість опадів характерна для лютого та березня – 42 мм. Середньорічна кількість днів з опадами 184 дні/рік, з них 114 днів у вигляді дощу.

Стійкий сніговий покрив в середньому тримається 98 днів з середини грудня до середини березня. В окремі роки сніговий покрив руйнується частими відлигами. Середня висота перед сніготаненням 7 - 53 см на відкритих ділянках, 12 - 65 см на лісових ділянках, до 2 м і більше в ярах та балках. Щільність снігу перед початком сніготанення $0,30$ - $0,50$ г/см³, запас води складає 20 - 175 мм на відкритих ділянках, 30 - 190 мм у лісових масивах.

Глибина промерзання ґрунтів суттєво відрізняється на точках спостереження від 0 до 150 см, найбільші позначки фіксуються у лютому місяці. Танення ґрунтів починається після сходження снігового покриву, закінчується у квітні [6, 10].

1.4. Ґрунтовий та рослинний покрив

Ґрунтовий покрив території басейну р. Головесня представлений крупно-пилуватими сірими, темно-сірими та світло-сірими лісовими ґрунтами [18].

Площа водозбору на 48% зайнята сільськогосподарськими угіддями та 35% лісовими насадженнями, інші 15% відведені під луки та пасовища [12]. За даними Хільчевського В.К. у роботі [18] площа сільськогосподарських угідь на території водозбору, що замикає гідрометрична споруда становила 70%. Менше 2% площі басейну річки Головесня займають заболочені землі [1].

Основні культури для вирощування у басейні р. Головесня це - картопля, жито, кукурудза, озима пшениця сіяні кормові трави.

Луки та пасовища займають землі прилеглі, безпосередньо, до долини річки чи струмків, а також схили ярів та балок, є задренованими.

Площа лісових насаджень з розвиненою підстилкою складає 6%, що зустрічаються в основному в балках, повнота таких насаджень в середньому 0,6-0,8 м, висота 10-12 м. Також певна площа вкрита молодим лісом 32-33 роки. Основні види дерев: дуб, сосна береза, в ярах зустрічається біла акація, заплава представлена вільхою та вербовими чагарниками.

1.5. Водний режим

Річка Головесня є притокою другого порядку р. Дніпро та лежить у північно-західній частині Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, що має поверховий розвиток водоносних горизонтів. Гідродинамічні умови визначаються як глибинними, так і поверхневими чинниками живлення.

Витоками річки Головесня є три джерела, що виходять на поверхню в 5-ти кілометрах нижче від верхньої точки вододілу. Їх злиття є початком р. Головесня у південно-західній частині с. Криски, Коропського району, Чернігівської області.

Стік річки має певну сталість завдяки підземному живленню. Місцями прослідковуються виходи ґрунтових вод, тому дно долини річки значно заболочене.

Водний режим водотоків має яскраво виражену весняну повінь, літньо-осінню та зимову межінь, яка переривається нетривалими дощовими паводками і відлигами. До 40% річного стоку припадає на період весняної повені.

У межах дослідження Придеснянської водно-балансової станції (ВБС) прослідковується значний розвиток глибинної ерозії, як наслідок – вода р. Головесня є каламутною у більшій частині року. Найбільша прозорість спостерігається під час зимової та літньої межені. Середньорічне значення за багаторічний період модуля стоку наносів за рік становить 40 т/км^2 [6].

Отже, р. Головесня – це притока першого порядку р. Десна, що протікає у північно-східній частині Чернігівської області, Коропського району. Площа водозбору $43,0 \text{ км}^2$. Довжина річки від витoku до гирла 15 км (за Мокляком) 14,65 км (за власними вимірами).

Басейн річки Головесня розташований на західних відрогах Середньоруської височини, характеризується яскраво вираженим яружно-балковим рельєфом чіткою вододільною лінією та різноманітною геологічною будовою, включаючи відклади крейдового, третинного та четвертинного періодів.

Ґрунтовий покрив території басейну річки Головесня складається переважно з крупно-пилуватих, сірого, темно-сірого та світло-сірого кольорів лісових ґрунтів. Площа водозбору, що використовується для сільськогосподарських потреб, становить близько 48%, з лісовими насадженнями - 35%. Деревні породи включають дуб, сосну, березу, а також білу акацію, яка часто зустрічається в ярах. Заболочені землі займають менше 2% площі басейну.

Клімат є помірно-континентальним, з м'якою зимою та теплим літом. Середньорічна температура повітря складає приблизно $6,3^\circ\text{C}$, максимальне зафіксоване значення температури $+38,3^\circ\text{C}$, мінімальне $-35,9^\circ\text{C}$. Середнє

багаторічне значення шару опадів становить 670 мм/рік, з яких 70% випадає у теплий період року. Найбільше опадів випадає у липні – 83 мм, найменше у лютому-березні – 42 мм. Стійкий сніговий покрив, тримається від середини грудня до середини березня, і має середню висоту від 7 до 53 см на відкритих ділянках.

Водний режим річки Головесня визначається як підземними, так і поверхневими чинниками живлення. Річка має сталість стоку завдяки підземному живленню, але зазнає впливу глибинної ерозії, що призводить до каламутності води. Водний режим водотоків має яскраво виражену весняну повінь на яку припадає до 40% річного стоку, літньо-осінню та зимову межінь, яка переривається нетривалими дощовими паводками і відлигами.

Середньорічне значення модуля стоку наносів за багаторічний період становить 40 т/км².

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА МАТРИЦІ КОЕФІЦІЄНТІВ ПАРНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

2.1. Загальні відомості про методику екологічної оцінки якості поверхневих вод

Якість води – це характеристика властивостей та хімічного складу води, яка визначає придатність її для різних цілей використання [2].

Оцінка якості води визначається за трьома підходами: санітарно-гігієнічний, водогосподарський та екологічний у залежності від способу використання водного об'єкта. Санітарно-гігієнічні нормативи використовуються для охорони здоров'я і питного водокористування. Водогосподарські встановлюються для сільськогосподарського, рибогосподарського, промислового та питного використання водою. Екологічні нормативи залучають для природних об'єктів, призначених для охорони та збереження екологічного стану [8].

На відміну від багатьох європейських країн, в Україні була розроблена методика визначення екологічного стану поверхневих вод [7], яка й була нами використана для виконання завдань бакалаврської роботи.

Відповідно до положень Угоди про асоціацію з ЄС Україна перейшла до гармонізації із законодавством ЄС щодо охорони навколишнього середовища, міжнародної та водної політики, покращення якості поверхневих вод [15].

У 2024 р. закінчено підготовку Планів управління річковими басейнами, у тому числі для суббасейну Десни. Разом з тим, повноцінний моніторинг масивів поверхневих вод (МПВ) у басейні Дніпра згідно європейських стандартів розпочався лише у 2023 р. з вивченням досить обмеженої кількості МПВ. Більшою мірою новою системою моніторингу охоплено великі та середні

річки, тоді як малі залишилися поза увагою. Також, ще не відпрацьовано і не затверджено екологічні нормативи якості води, на підставі яких проводять оцінку екологічного стану.

Важливість вивчення екологічного стану саме малих річок полягає у тому, що в межах їх екосистем найкраще відображено референсні (фонові) умови формування та взаємодії компонентів хімічного складу. У такій ситуації, на нашу думку, було доцільним провести науковий моніторинг, спрямований на дослідження якості поверхневих вод малої річки шляхом вивчення основних особливостей формування її хімічного складу.

«Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод» є основою для аналізу даних, характеристики якості водних об'єктів з екологічної точки зору та складання програм спостережень за природними водними об'єктами. Обрана методика включає загальні, єдині та актуальні екологічні критерії, яка забезпечує основу для виявлення тенденцій у часових і просторових змінах якості поверхневих вод і визначення впливу антропогенного забруднення на водні екосистеми, а також може використовуватись для вирішення соціальних, економічних питань, пов'язаних із охороною довкілля [7].

2.2. Порядок виконання розрахунку екологічної оцінки якості вод

До комплексу показників екологічної оцінки якості поверхневих вод та естуаріїв включені як загальні, так і специфічні показники.

До загальних показників належать показники сольового складу та показники трофо-сапробності вод, концентрація яких може змінюватись під впливом як природних чинників, так і антропогенної діяльності. Специфічні показники – це вміст елементів радіаційної та токсичної дії у водному об'єкті.

Процедура проведення екологічної експертизи складається з наступних етапів:

- етап обробки шляхом групування вихідних даних у три блоки (див. Додаток А) (блок сольового складу (табл. А.1, додаток А), блок

трофо-сапробіологічних показників (табл. А.2, додаток А), блок показників токсичної та радіаційної дії вмісту окремих речовин (табл. А.3, додаток А);

- етап визначення класів і категорій якості води на основі індивідуальних показників (середнє значення кожного показника порівнюється з відповідним нормативом якості води, а за окремими показниками визначаються категорії якості води);
- етап узагальнення оцінки якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) окремих блоків, з визначенням цілих значень класів і категорій якості води (рис.2.1).
- етап встановлення комплексної оцінки якості води (включаючи визначення класу та категорії) водного об'єкта протягом конкретного періоду спостереження.

Методика екологічної оцінки якості води передбачає розрахунок середніх арифметичних значень в межах трьох блоків, а саме: для індексу компонентів сольового складу (I_1), для трофо-сапробіологічного індексу (I_2), для індексу показників токсичної дії (I_3). На заключному етапі здійснюється обчислення інтегрального (екологічного) індексу (I_e) за формулою (2.1):

$$I_e = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (2.1)$$

де I_e – інтегральний екологічний індекс;

I_1 – індекс компонентів сольового складу;

I_2 – індекс компонентів трофо-сапробіологічного індексу;

I_3 – індекс показників токсичної та радіаційної дії.

Класифікація та категоризація як інтегрального екологічного індексу, так й блокових індексів (I_1 , I_2 , I_3) здійснюється згідно таблиці 2.1, де діапазон величин показників якості поділено на 5 класів та 7 категорій якості. Кожному

класу/категорії присвоєна своя назва, що характеризує якість води від «відмінної» та «дуже чистої» до «дуже поганої» та «дуже брудної» відповідно [7].

Таблиця 2.1

**Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України
за екологічною класифікацією [5].**

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані
	відмінні	дуже добрі	добрі	задовільні	посередні	погані	дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабо забруднені	помірно забруднені	брудні	дуже брудні

2.3. Методика побудови матриці парних кореляцій між показниками хімічного складу

Одним із головних завдань статистичної обробки даних гідрохімічного аналізу складу рідин є оцінка залежності (статистичної кореляції) між концентраціями різних компонентів і факторами, що впливають на їх утворення.

При застосуванні статистичних методів для аналізу гідрохімічних показників необхідно враховувати, що зміни в хімічному складі води є динамічними та підпадають під вплив фізико-хімічних процесів, що відбуваються у водоймах.

У гідрохімічних дослідженнях ймовірності зв'язків між компонентами та потенційні області похибок визначаються через статистичні залежності між

різними параметрами, що дозволяє встановити наявність ймовірного зв'язку [4].

У стохастичному аспекті на концентрацію кожного компонента можуть впливати як індивідуальні фактори (часткові), так і фактори, що мають вплив на інші компоненти (загальні).

Для кількісної оцінки кореляції використовують коефіцієнт кореляції (r), який визначає ступінь залежності між X і Y . Коефіцієнт кореляції r_{xy} є кількісною мірою ступеня зв'язку між значеннями ймовірностей двох рядів (з нормальним або логарифмічно нормальним розподілом). Зв'язки з кореляцією $r_{xy} \geq 0,7$ вважаються досить близькими для розрахунку [4].

Коефіцієнт кореляції (r_{xy}) між рядами гідрохімічних величин (x , y) розраховується за наступною формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x \cdot \Delta y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta x^2 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta y^2}} \quad (2.2)$$

де Δx , Δy – відхилення між кожним значенням від середнього значення у рядах x та y ;

n – кількість членів ряду.

При розрахунку статистичних параметрів необхідно визначати точність, для цього визначають середню квадратичну похибку σ_r при обсягу вибірки $n < 100$ за формулою:

$$\sigma_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n - 2}} \quad (2.3)$$

де n – обсяг вибірки.

Оцінка надійності коефіцієнта кореляції проводилась за допомогою статистики t -критерію Стьюдента.

Для цього визначаємо фактичне значення t-критерію за формулою:

$$t = \frac{|r_{xy}|}{\sigma_r} \quad (2.4)$$

Достовірність кореляційного (лінійного) зв'язку зроблений для прийнятого рівня значущості ($\alpha=5\%$). Кількість степенів свободи ν [4].

Отже, «Методика екологічної оцінки...» є важливим інструментом для аналізу екологічного стану водних об'єктів, гармонізована з законодавством ЄС та затверджена Міністерством екологічної безпеки України.

Методика включає оцінку як загальних, так і специфічних показників за 3 блоковими індексами: сольового складу, трофо-сапробіологічний та речовин токсичної дії. Для кожного з блоків розраховується індекс якості I_1 , I_2 та I_3 відповідно, з яких середньоарифметичне є інтегральним індексом якості води I_E . За методикою встановлено п'ять класів та сім категорій якості води, що мають назви для наочності результатів.

Опрацьовано методику побудови матриці парних кореляцій між показниками хімічного складу. Варто враховувати, що гідрохімічні показники є динамічними в часі та підпадають під вплив фізико-хімічних процесів.

Для кількісної оцінки кореляції використовують коефіцієнт кореляції (r), що є кількісною мірою ступеня зв'язку між значеннями ймовірностей двох рядів (X та Y), зв'язки з кореляцією $r_{xy} \geq 0,7$ вважають досить близькими для розрахунку.

При розрахунку статистичних параметрів необхідно визначати точність, для цього визначають середню квадратичну похибку σ_r . Оцінка надійності коефіцієнта кореляції проводилась за допомогою статистики t-критерію Стьюдента. Достовірність кореляційного (лінійного) зв'язку зроблений для прийнятого рівня значущості ($\alpha=5\%$). Кількість степенів свободи ν .

РОЗДІЛ 3

ОСОБИСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ Р. ГОЛОВЕСНЯ

3.1. Лабораторія регіональних гідрохімічних досліджень, відділ гідрохімії УкрГМП

У бакалаврській роботі використані дані власних досліджень за гідрохімічним складом води р. Головесня, які проводились в лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України.

Важливо відзначити, що лабораторія має відповідні вимірювальні можливості, які забезпечують точність та надійність отриманих результатів. Лабораторія діє з дотриманням правильності вимірів, що затверджено сертифікатом (рис.3.1) згідно закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність", це дає змогу використовувати дані у наукових дослідженнях [13].



Рис. 3.1. Сертифікат визнання вимірювальних можливостей

Гідрохімічна лабораторія має потужну матеріальні базу для проведення аналізу проб поверхневих вод та атмосферних опадів (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Гідрохімічна лабораторія УкрГМІ

У лабораторії використовуються як традиційні, так і сучасні методи вимірювання різних хімічних елементів. Серед сучасних ефективних приладів для визначення хімічного складу води гідрохімічна лабораторія УкрГМІ має рідинний хроматограф, 2 спектрофотометри ULAB 101, дистиллятор, система ультра очистки води (рис.3.3).

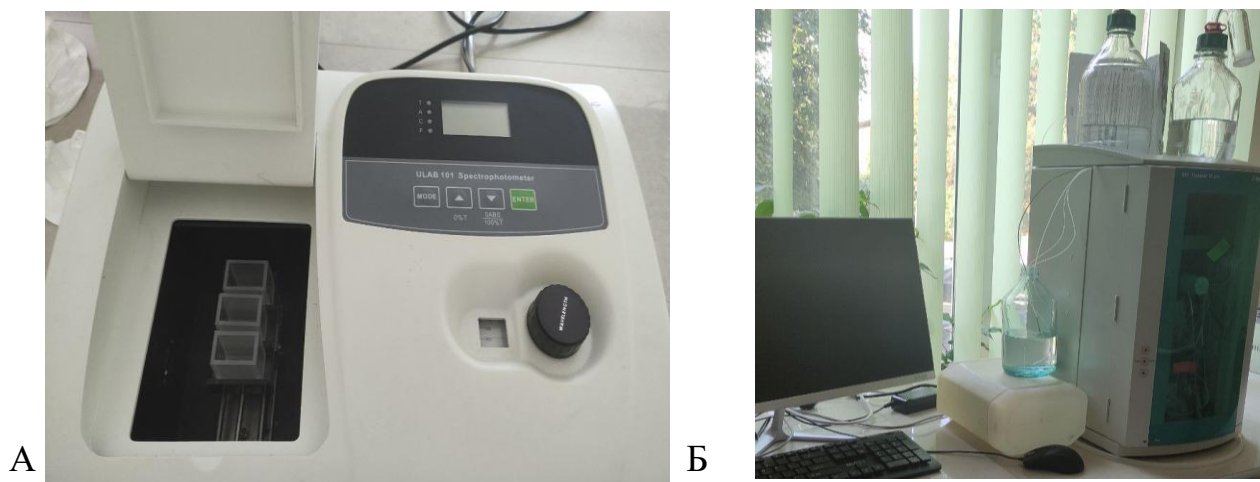




Рис. 3.3. Обладнання лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень:

А – Спектрофотометр;

Б - Рідинний хроматограф;

В - Система ультра очищення води.

У лабораторії проводяться дослідження наступних хімічних та фізико-хімічних показників:

- рН;
- Колірність;
- Твердість води (іони кальцію та магнію);
- Головні іони (гідрокарбонати, сульфати, хлориди, кальцій, натрій, калій);
- Біогенні та органічні речовини (нітрити, нітрати, фосфати, амонійний азот, легкоокиснювальні органічні сполуки за показниками ПО та БО [16]).

3.2. Власні дослідження гідрохімічного складу води р. Головесня

Під час роботи в лабораторії (з липня 2022 року і до теперішнього часу) було проаналізовано понад 500 проб. Серед них:

- проби води р. Головесня – с. Покошичі;
- атмосферні опади, зібрані на ВБС Покошичі;
- проби річкової води та атмосферних опадів р. Богуславка – м. Богуслав, р. Прип'ять – Чорнобиль;
- гребля Київської ГЕС (Київське водосховище);
- р. Дніпро – м. Херсон після підриву Каховської ГЕС.

За час роботи в лабораторії було засвоєно основні методи аналітичної хімії при проведенні лабораторних досліджень, короткий опис яких наведено нижче.

Об'ємний аналіз передбачає собою дослідження вмісту речовин у пробі шляхом додавання реактиву з відомою концентрацією до розчину. Цей процес триває доти, доки кількість доданого реактиву не стане еквівалентною кількості компонента, що визначається у пробі. Такий процес називається титруванням. Цей метод дозволяє точно визначити концентрацію розчиненої речовини, оскільки точка еквівалентності характеризується завершенням хімічної реакції між компонентами [17].

До кінця 2023 року такі дослідження в експериментальній лабораторії відділу гідрохімії проводились за допомогою бюреток різного об'єму. Наразі титрування проводиться за допомогою електронного титратора, що дозволяє більш точно визначати вміст хімічних елементів у пробах води.

Об'ємний аналіз використовувався для визначення наступних компонентів хімічного складу:

- іони HCO_3^- ;
- органічні речовини за показниками ПО, БО.

До появи можливості використовувати рідкий хроматограф, методом об'ємного аналізу визначались також інші компоненти хімічного складу: іони SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , твердість.

Приклади визначення хімічних показників об'ємним методом представлено на рис.3.4.



Рис. 3.4. Практичне застосування методик визначення гідрохімічних показників

Оптичні методи, в основу яких покладено здатність речовин поглинати променисту енергію, що відповідає певній довжині хвиль. Для оптичних методів використовують три види спектрів: видимий, ультрафіолетовий та інфрачервоний [17].

У лабораторії було використано **спектрофотометричний метод**, який проводиться з використанням необхідного обладнання, а саме спектрофотометра (рис.3.3. А), який дозволяє пропускати через пробу води чітко визначену довжину хвиль, що відповідає максимуму кривої поглинання досліджуваної речовини. До появи можливості використовувати рідкий хроматограф, спектрофотометричним методом проводились дослідження біогенних речовин, а саме: амонійного, нітритного та нітратного азоту та фосфатів. На даний момент, на спектрофотометрі проводять дослідження на колірність.

Потенціометричний метод полягає у вимірюванні потенціалу електрода, який занурений у розчин, що аналізується. Потенціал електрода змінюється в залежності від температури та концентрації розчину, тому необхідно вимірювати концентрацію елементів за сталої температури для всіх розчинів.

Посилання

У лабораторії використовується іонселективний електрод, що дає змогу вимірювати рН у розчинах.

Метод рідинно-колонкової хроматографії є процесом, що передбачає відокремлення окремих компонентів суміші на основі відмінностей у рівнях адсорбції з розчину твердим сорбентом під час пропускання потоку рухомої фази крізь колонку. Згідно з методом компоненти відділяються від розчину внаслідок різного розподілу їх молекул між рухомою і нерухомою фазами [17]. Такий вид хроматографії є найбільш поширеним у гідрохімії.

Цим методом лабораторія почала користуватися для визначення аніонного та катіонного складу води з жовтня 2023 року на рідинному хроматографі (рис.3.3. Б).

Отже, у бакалаврській роботі представлені результати власних досліджень гідрохімічного складу води р. Головесня, проведених у лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень УкрГМІ, яка володіє сертифікатом відповідності вимірювальних можливостей згідно з чинним законодавством

України. Лабораторія укомплектована сучасними приладами для аналізу гідрохімічного складу води.

З липня 2022 року по теперішній час проаналізовано понад 500 проб води з різних джерел, в тому числі з р. Головесня – пост Покошичі. Використання сучасного обладнання (рідинний хроматограф, спектрофотометри, електронний титратор) дозволяють значно підвищити точність і надійність визначення показників хімічного складу води.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ Р. ГОЛОВЕСНЯ ТА АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

4.1. Вихідні дані

Категоризація за блоковими індексами (I_1 , I_2 , I_3) та визначення інтегральної екологічної оцінки якості води (I_E) р. Головесня - с. Покошичі здійснювалась відповідно до методики, описаної у розділі 2.

Для розрахунків використано дані мережі спостережень Державної служби з надзвичайних ситуацій України за період 1989-2019 рр. та результати лабораторних досліджень (2020-2023 рр.) у лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень УкрГМІ, у тому числі власних досліджень за період 2022-2023 рр., що детально описано у розділі 3.

З використанням багатоцільової інформаційно-аналітичної комп'ютерної системи AQUAGUARD, розробленої в УкрГМІ, було розраховано інтегральний екологічний індекс та окремі його блоки за середніми багаторічними даними.

Зважаючи на те, що зазначена база даних містить інформацію до 2016 р., решта даних було отримано під час роботи з архівним матеріалом Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б.І. Срезневського.

Після аналізу та обробки отриманих даних була сформована загальна таблиця середньорічних показників, що відображає характеристику гідрохімічного стану р. Головесня (Додаток Б).

4.2. Оцінка якості води р. Головесня за інтегральним екологічним індексом

Розрахунок індексу I_1 (за критеріями сольового складу) відбувається згідно додатку 3.1. «Методики...» [7] та включає визначення категорій якості за вмістом сульфатних, хлоридних іонів та суми іонів.

Аналіз багаторічної динаміки значень індексу I_1 свідчить, що найбільше його середнє значення спостерігалось в 1990 році і дорівнювало 2. Найменше значення індексу сольового складу дорівнювало 1. (див. рис. 4.1). Поверхневі води р. Головесня характеризувались як "чисті".

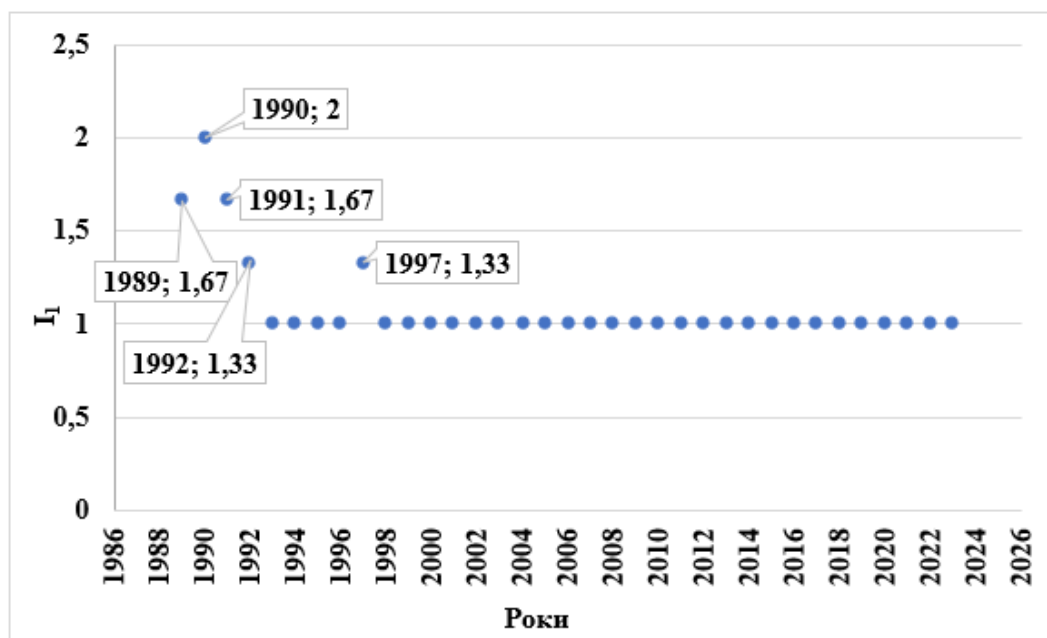


Рис. 4.1. Багаторічна динаміка індексу сольового складу для р. Головесня

Аналіз окремих складових блоку сольового складу води виявив, що багаторічні значення показників Cl^- , \sum_i та SO_4^{2-} відповідають першій категорії якості води, за класом - «дуже чисті» (табл. 4.1). Розташування водозбору річки в межах вологої помірно-теплої мішанолісової зони з відповідними

кліматичними та гідрологічними особливостями сприяло формуванню невисокої мінералізації води в цілому та показників сольового складу окремо.

Таблиця 4.1.

Класифікація якості води р. Головесня за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Компоненти сольового складу	мг/дм ³		
	Cl ⁻	∑i	SO ₄ ²⁻
Граничні концентрації для I категорії	<20	<500	<50
Середньобагаторічна концентрація	14,6	396	21,2

Більш детальний аналіз складових індексу I₁ показав, що в окремі роки спостерігалось зростання вмісту іонів Cl⁻ до рівня III категорії якості (води «досить чисті»). Середні багаторічні значення забруднення за трофо-сапробіологічними (екологічними) критеріями є гіршими за показники забруднення сольового складу. Значення показника рН та вмісту розчиненого кисню перебували в межах I категорії якості, води характеризувались як "дуже чисті". Натомість спостерігаються значні перевищення у показниках біогенного складу (сполуках неорганічного нітрогену та фосфору) таких як NH₄, NO₂ та фосфати, а також біхроматного окислення (табл. 4.2).

Таблиця 4.2.

Класифікація якості води р. Головесня за багаторічний період за критеріями забруднення компонентами трофо-сапробіологічного складу

	Завислі речовини	рН	O ₂	Насичення O ₂ , %	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	ПО	БО	БСК ₅
Середні багаторічні концентрації, мг/дм ₃	11,8	7,45	10,9	87	0,43	0,035	0,27	0,18	6,7	29,3	1,6
Категорія якості води	3 досить чисті	1 дуже чисті	1 дуже чисті	3 досить чисті	4 слабко забруднені	5 помітно забруднені	2 чисті	2 чисті	3 досить чисті	4 слабко забруднені	2 чисті

Як відомо з інших наукових робіт [14,17,18], забруднення біогенними елементами відбувається за рахунок як точкових (скиди промислових та побутових стічних вод), так і дифузних джерел (надходження з сільськогосподарських угідь та пасовищ). Орні землі займають близько 48% від загальної площі басейну річки Головесня, а луки та ділянки під пасовища близько 15%. Саме тому однією з причин підвищеного вмісту сполук нітрогену та фосфору можуть бути певні порушення норм ведення сільського господарства, неконтрольоване використання мінеральних добрив, органічні відходи життєдіяльності тварин.

Індекс якості води за трофо-сапробіологічними показниками (I_2) для р. Головесня за багаторічний період дорівнював 2,7 клас «досить чисті». На рис. 4.2 представлено багаторічну динаміку індексу I_2 за період 1989-2023 рр.

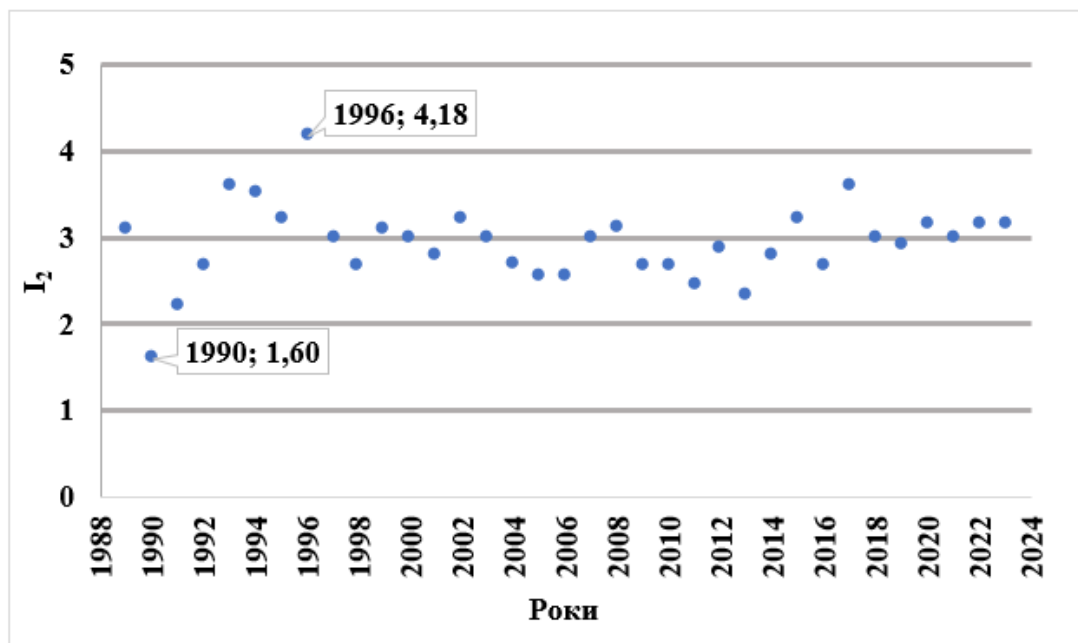


Рис. 4.2. Багаторічна динаміка еколого-санітарного індексу у воді р. Головесня

Найбільші значення індексу I_2 зафіксовано в 1996 році - 4,18, поверхневі води характеризувались за станом як «задовільні», за ступенем чистоти «слабко

забруднені». Найменше значення становило 1,6 («чисті» води) було характерне для 1990 р..

Аналіз динаміки величини індексу I_3 за вмістом специфічних речовин токсичної дії проводився за період 1989 - 2019 рр. На жаль, за відсутності даних моніторингу за вмістом важких металів та інших мікроелементів протягом 2020 - 2023 рр. як на мережі ДСНС України, так і лабораторних досліджень УкрГМІ порахувати індекс I_3 не є можливим. Слід також зауважити, що за період 1989-2019 рр. концентрації мангану та цинку у поверхневих водах річки представлені в дуже обмеженій кількості даних, але все ж були використані у розрахунках індексу I_3 .

Отже, середньобагаторічна величина індексу якості води за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії дорівнювала 4,33 (4.13 + марганець та цинк) і була найбільшою серед величин решти блокових індексів. Поверхневі води характеризувались: за станом – «задовільні», за ступенем чистоти – «слабо забруднені».

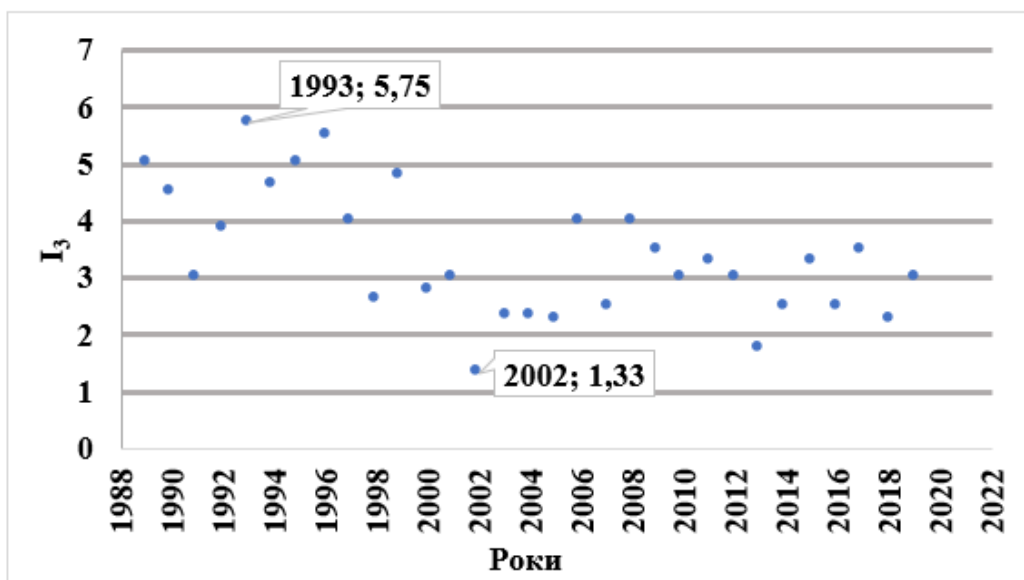


Рис. 4.3. Багаторічна динаміка величини індексу показників токсичної дії у воді р. Головесня

Проте, як видно з рис. 4.3, прослідковується тенденція до зменшення вмісту речовин токсичної дії у воді р. Головесня. Найбільший показник індексу I_3 - 5,75 зафіксовано у 1993 році, поверхневі води характеризувались як «погані» за станом, «брудні» за ступенем чистоти. Найменший показник спостерігаємо у 2002 році індекс дорівнює 1,33 – за станом – «дуже добрі», за ступенем чистоти – «чисті».

Аналіз середніх багаторічних значень окремих складових показників специфічної токсичної дії дає змогу зробити наступні висновки – поверхневі води досліджуваної річки за вмістом кожного зі складових елементів індексу I_3 характеризувались як «задовільні» за станом, «забруднені» за ступенем чистоти (табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

Класифікація якості води р. Головесня за багаторічний період за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії

Показники	Fe _{заг}	Cu	Cr 6+	Феноли	Нафто продукти	СПАР	Mn	Zn
Середньо багаторічні концентрації, мкг/дм ³	368,3	25,1	8,8	2,5	57,0	39,6	256	10
Категорія якості води	4 слабко забруднені	5 помітно забруднені	4 слабко забруднені	5 помітно забруднені	4 слабко забруднені	4 слабко забруднені	5 помітно забруднені	2 чисті

Узагальнений суміщений результат динаміки блокових індексів якості води р. Головесня у вигляді графіків представлено на рис. 4.4.

За значеннями величина індексу I_1 характеризувалась найменшими показниками та стабільними значеннями, що свідчить про переважно природний характер надходження компонентів сольового складу.

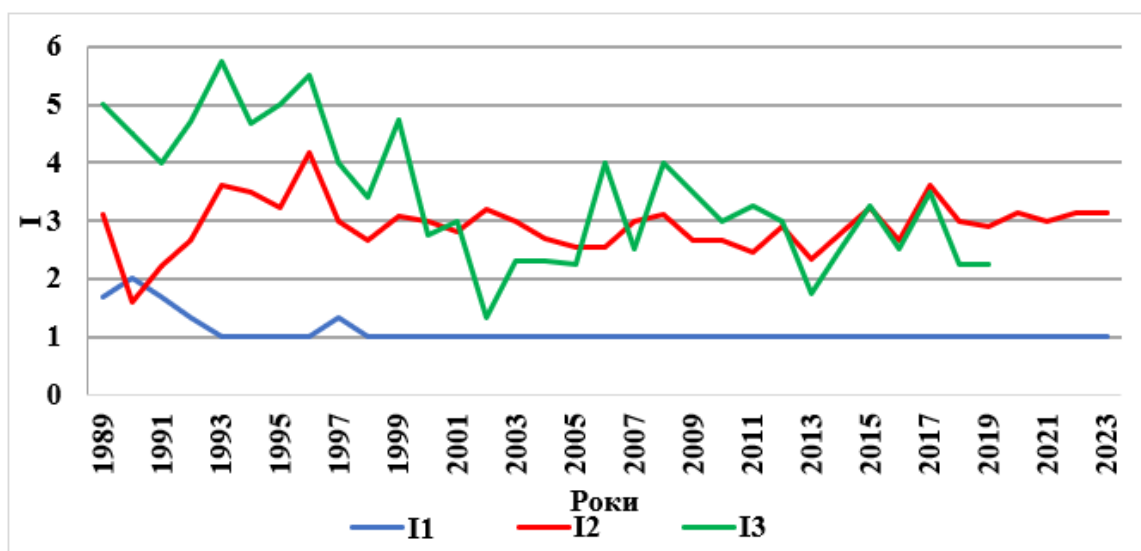


Рис. 4.4. Суміщений графік блокових індексів р. Головесня за період з 1989 -2023 рр.

Зменшення величин індексів I_2 , I_3 на початку XXI ст. пов'язано, на нашу думку, зі зниженням антропогенного навантаження внаслідок спаду промислового виробництва в країні та погіршенням рівня життя населення в цілому. Після зазначеного періоду коливання величини індексу I_2 були незначними, що свідчать про відносну стабілізацію якості поверхневих вод досліджуваної річки.

Розрахунок інтегрального екологічного індексу для поверхневих вод р. Головесня проводився за формулою 2.1 (див. розділ 2). Середньобаторічна величина I_E дорівнювала 2,3 – води «дуже добрі» за станом, «чисті» за ступенем чистоти. Багаторічна динаміка інтегрального екологічного індексу для досліджуваної річки протягом 1989-2019 рр. не носила однорідного характеру, проте загальна тенденція свідчила про їх поступове зниження (рис. 4.5).

Зменшення величини інтегрального індексу I_E протягом 1996-2002 рр. з 3,6 до 1,8 може бути пов'язано зі зменшенням антропогенного навантаження, як вже зазначалося вище. Незначна амплітуда коливань величини I_E протягом 2005-2019 рр., свідчить про певну незмінність якості поверхневих вод.

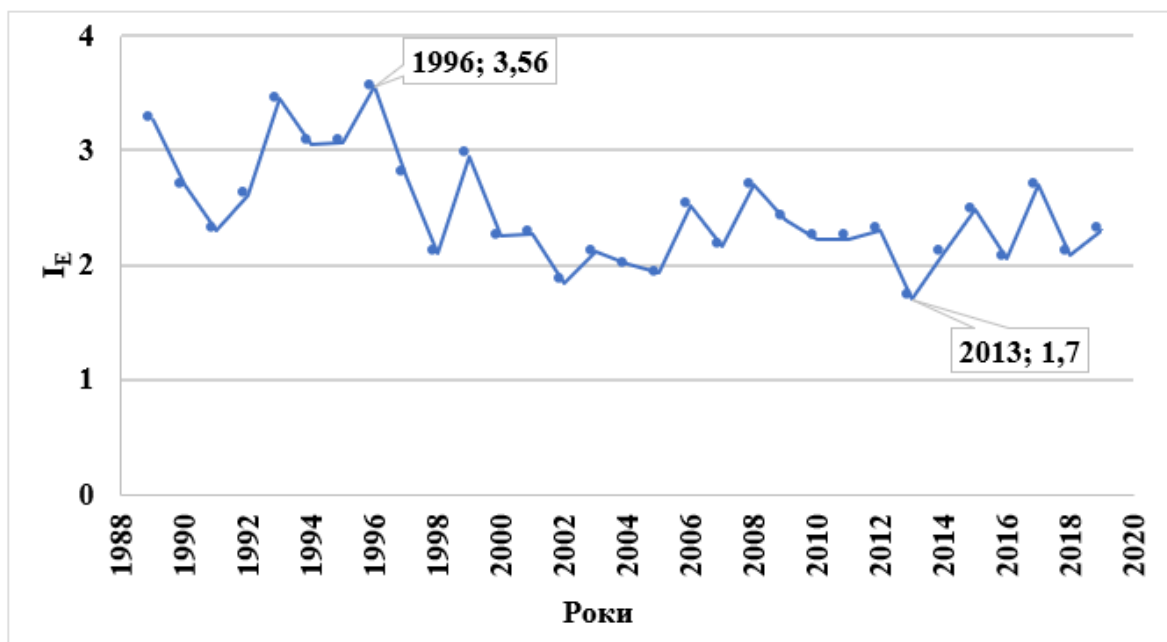


Рис. 4.5. Багаторічна динаміка I_E за період 1989 - 2019 рр., р. Головесня

Як видно з рис. 4.4 амплітуда коливань величини I_E була значною – від 3,6 у 1996 р. («задовільні, слабо забруднені» води) до 1,7 у 2013 р. («дуже добрі», «чисті» води). Проте, більшість значень I_E перебували в межах II класу, що характеризувало поверхневі води «добрі» за станом, «чисті» за ступенем чистоти.

У загальному висновку, зменшення величини I_E за період 1996 - 2013 рр. свідчить про поліпшення екологічного стану басейну р. Головесня, найвірогідніше за рахунок зменшення впливу чинників техногенного походження.

4.3. Аналіз матриці коефіцієнтів кореляції між показниками хімічного складу р. Головесня

За вихідними даними, представленими у підрозділі 4.1, складено матрицю кореляційних зв'язків за окремими показниками хімічного складу (всього 15 показників) для р. Головесня за період з 1989 по 2023 роки (табл. 4.4).

Аналіз матриці парної кореляції показав, що тісні кореляційні зв'язки, з показником коефіцієнта кореляції $r \geq 0,7$, є у 8 парах показників. А саме, «гідрокарбонати» - «сума іонів» (0,85); «гідрокарбонати» - «кальцій» (0,82); «гідрокарбонати» - «твердість» (0,87); «сума іонів» - «кальцій» (0,79); «сума іонів» - «магній» (0,77); «сума іонів» - «твердість» (0,84); «кальцій» - «твердість» (0,90); «магній» - «твердість» (0,81). За знаком всі кореляційні зв'язки є прямими (при зростанні одного показника пари кореляцій, зростає й інший).

Натомість, значимих за тісністю зв'язків не виявлено для показників амонійного, нітритного, нітратного азоту та неорганічного фосфору. Вміст біогенних елементів у непорушених умовах екосистем річок зазвичай невисокий. Перевищення їх концентрацій вказує на додаткове надходження за рахунок точкових або дифузних джерел [9].

Згідно з отриманими результатами можна сказати, що присутня в межах водозбору р. Головесня господарська діяльність може впливати на її забруднення біогенними елементами. Підвищений вміст біогенних елементів виявлено і при розрахунках інтегрального екологічного індексу (підрозділ 4.2).

Відсутність тісної кореляції між показниками хімічного складу та водністю можна пояснити складністю та багатофакторністю процесів формування хімічного складу, в якому задіяно не тільки водний стік річки, а й гідрогеологічні умови та сукупність кліматичних чинників.

Результати оцінки точності кореляційних зв'язків між показниками сольового складу представлено в таблиці 4.5. Наведено результати розрахунків кореляційних пар з тісним зв'язком r , значення для них середньої квадратичної похибки коефіцієнта кореляції, значення коефіцієнтів регресії a в лінійному зв'язку (4.1):

$$y = a \cdot x \pm b \quad (4.1)$$

де, x, y – концентрації гідрохімічних показників, a - коефіцієнт регресії [4].

Для оцінки надійності розраховано фактичне значення критерію Стьюдента t за формулою 2.4, а також визначено критичне аналітичне значення критерію Стьюдента $t_{кр}$ для $q=5\%$, при кількості ступенів вільностей ν - 32 (Додаток В).

Таблиця 4.5

Результати кореляційного аналізу зв'язків між окремими показниками хімічного складу води р. Головесня (1989-2023 рр.)

Кореляційні пари	Коефіцієнт регресії a	Коефіцієнт кореляції r	Середня квадратична похибка коефіцієнту кореляції σ	Фактичне значення критерію Стьюдента t	Критичне значення критерію стьюдента $t_{кр}$
$[\text{HCO}_3^-]=f([\sum_{\text{іонів}}])$	0,034	0,85	0,045	18,89	1,693
$[\text{HCO}_3^-]=f([\text{Ca}^{2+}])$	0,010	0,82	0,063	13,02	1,693
$[\text{HCO}_3^-]=f([\text{твердість}])$	0,001	0,84	0,048	17,50	1,693
$[\text{Ca}^{2+}]=f([\sum_{\text{іонів}}])$	0,417	0,79	0,064	12,34	1,693
$[\text{Mg}^{2+}]=f([\sum_{\text{іонів}}])$	0,005	0,77	0,068	11,32	1,693
$[\text{твердість}]=f([\sum_{\text{іонів}}])$	0,001	0,84	0,049	17,14	1,693
$[\text{твердість}]=f([\text{Mg}^{2+}])$	0,010	0,81	0,058	13,97	1,693
$[\text{твердість}]=f([\text{Ca}^{2+}])$	0,003	0,90	0,032	28,13	1,693

З таблиці 4.5 бачимо, що для всіх кореляційних пар критичне значення t -критерію Стьюдента є значно меншим за фактичне, тобто $t_{кр} < t$. Отже, кореляцію між усіма гідрохімічними парами можемо вважати достовірно існуючою. Згідно класифікації поверхневих вод за О.А. Альокіним (1948 р.)

поверхневі води р. Головесня належать до гідрокарбонатного класу кальцієвої групи, тому виявлений тісний кореляційний зв'язок між компонентами сольового складу є цілком логічним і свідчить про вплив переважно природних чинників на формування хімічного складу: геологічних, кліматичних, гідрогеологічних.

В якості основних **висновків** можна сказати наступне:

- на підставі опрацьованих даних сформована загальна таблиця середньорічних показників, що відображає характеристику гідрохімічного стану р. Головесня;
- середньорічне значення сольового складу I_1 має найнижче і стабільне значення, що свідчить про природний характер надходження компонентів. Води є «чистими» з показниками першої категорії якості за всі роки спостереження. Середньорічне значення індексу за трофо-спробіологічними показниками $I_2 - 2,7$ («досить чисті»);
- середньорічне значення індексу за специфічними речовинами токсичної дії $I_3 - 4,33$ ($4,13 +$ марганець та цинк), що вказує на «задовільний стан вод з характеристикою «слабо забруднені»;
- середньобагаторічне значення інтегрального екологічного індексу дорівнювало $2,3$, що класифікує води як "дуже добрі" за станом і "чисті" за ступенем чистоти;
- виявлено тісні кореляційні зв'язки ($r \geq 7$) зі значеннями $0,77-0,90$ у 8 парах показників;
- тісні кореляційні зв'язки між компонентами сольового складу пояснюються переважно природними чинниками, такими як геологічні, кліматичні та гідрогеологічні умови.
- значимих кореляційних зв'язків не виявлено для амонійного, нітритного, нітратного азоту та сполук неорганічного фосфору, що вказує на їх надходження більшою мірою за рахунок господарської діяльності.

ВИСНОВКИ

Мета та всі поставлені завдання кваліфікаційної бакалаврської роботи «Екологічна оцінка якості води та аналіз взаємозалежностей між показниками хімічного складу р. Головесня» виконано, що дозволило зробити наступні висновки.

1) Річка Головесня - притока першого порядку р. Десна, що протікає у північно-східній частині Чернігівської області, Коропського району. Площа водозбору 43,0 км². Довжина річки від витoku до гирла 15 км, (14,65 км за власними вимірами). Рельєф має яскраво виражений яружно-балковий рельєф з різноманітною геологічною будовою. Ґрунтовий покрив більшою мірою складається з лісових ґрунтів. Клімат помірно-континентальний з м'якою зимою та теплим літом. Річка має сталість стоку завдяки підземному стоку, на весняну повінь припадає до 40% річного стоку, виражена літньо-осіння межень, що переривається нетривалими дощовими паводками та відлигами.

2) Методичною основою дослідження слугували: 1) методика екологічної оцінки якості води, яка передбачає обчислення інтегрального (екологічного) індексу I_e , що є середнім арифметичним значенням з трьох блоків – індексу компонентів сольового складу I_1 , трофо-сапробіологічного індексу I_2 , індексу показників токсичної дії I_3 та 2) розрахунок кореляційної матриці між показниками хімічного складу для аналізу взаємозалежностей між ними.

3) Результати власних досліджень представлено на підставі опрацювання понад 500 проб води з різних джерел (в тому числі р. Головесня – пост Покошичі) у лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень УкрГМІ.

4) Середньорічне значення сольового складу I_1 є найнижчим та найбільш стабільним. Води характеризуються як «чисті» з показниками першої категорії якості за всі роки спостереження. Середньорічне значення індексу за трофо-сапробіологічними показниками $I_2 = 2,7$ (води «досить чисті»).

Середньорічне значення індексу специфічних речовин токсичної дії $I_3 = 4,33$ (4,13 + марганець та цинк), що вказує на «задовільний» стан вод з характеристикою «слабо забруднені».

Середньобагаторічне значення індексу I_E дорівнювало 2,3, що класифікує води як «дуже добрі» за станом і «чисті» за ступенем чистоти.

5) Виявлено тісні кореляційні зв'язки ($r \geq 7$) у 8 парах показників: «гідрокарбонати» - «сума іонів» (0,85); «гідрокарбонати» - «кальцій» (0,82); «гідрокарбонати» - «твердість» (0,87); «сума іонів» - «кальцій» (0,79); «сума іонів» - «магній» (0,77); «сума іонів» - «твердість» (0,84); «кальцій» - «твердість» (0,90); «магній» - «твердість» (0,81).

Значимих кореляційних зв'язків не виявлено для амонійного, нітритного, нітратного азоту та сполук неорганічного фосфору, що свідчить про їх надходження переважним чином за рахунок антропогенної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блищик І. А. Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: Умови формування стоку весняної повені на малих водозборах Придеснянської воднобалансової станції / Керівник Є. Л. Бояринцев. Одеса, 2019. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/6146/1/BlishchikIA_Umomy_formuvannya_B_2019.pdf.
2. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР : станом на 19 квіт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text>
3. Екологічний паспорт Чернігівської області. *Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської адміністрації*. URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eco.cg.gov.ua/web_docs/2145/2016/03/docs/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%20%D0%B7%D0%B0%202021%20%D1%80%D1%96%D0%BA.docx&ved=2ahUKEwjUnNr7h8-GAxXxxQIHHRupE1oQFnoECCUQAQ&usg=AOvVaw1r81Yg50qKXQpkaEYKcZzj.
4. Захарова М. В., Яров Я. С. залежності між показниками хімічного складу води у річці Барабой з використанням кореляційного аналізу. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2012. № 13. С. 170.
5. Каталог річок України : Каталог / ред.: Г. Швець та ін. Київ, УРСР: Вид-во Акад. наук Укр. РСР, 1957. 192 с. URL: https://chtyvo.org.ua/authors/Levchenko_SP/Kataloh_richok_Ukrainy.djvu.
6. Матеріали спостережень придеснянської водно балансової станції за 1983– 1991 рр., 1999–2013 рр. Центр. Геофіз. Обсерваторія.
7. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко та ін. ; ред. В. Я. Шевчук. Київ : Символ-Т, 1998. 28 с.

8. Методика оцінки навантаження поверхневих водних об'єктів біогенними елементами / Н.М. Осадча та ін. *Український географічний журнал*. URL: <https://ukrgeojournal.org.ua/en/node/764>

9. Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., Яцюк М.В. Аналіз оцінки якості води в Україні та основні завдання її адаптації до Європейського законодавства. *УкрГМІ, Український гідрометеорологічний інститут*. URL: https://uhmi.org.ua/pub/np/265/Osadcha_Nabyvanets_Yatsyuk_265.pdf

10. Осипов В. В. Моделювання стоку сполук нітрогену та фосфору з водозборів малих річок лісової зони України (на прикладі р. Головесня) : дис. канд. геогр. наук : 556.114.6. Київ, 2017. 182 с. URL: https://scc.knu.ua/upload/iblock/dd3/dis_Osypov%20V.V._new.pdf.

11. Поверхневі водні ресурси - Офіційний сайт Деснянського басейнового управління водних ресурсів Держводагентства України. Офіційний сайт Деснянського басейнового управління водних ресурсів Держводагентства України. URL: <https://desna-buvr.gov.ua/diialnist/upravlinnya-vodnymy-resursamy/poverhnevi-vodni-resursy/>.

12. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / ред.: А. М. Маринич, В. М. Пашенко, П. Шищенко. Киев: Наук. Думка, 1985. 224 с.

13. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 11.02.1998 р. № 113/98-ВР : станом на 1 січ. 2016 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/113/98-vr#Text>

14. Проблеми оцінки надходження біогенних елементів та пестицидів з дифузних джерел сільськогосподарського призначення до водних об'єктів / А. Юрченко та ін. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення, м. Харків, 13–17 верес. 2021 р. Харків, 2021. С. 242. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/13642/1/konfer2021.pdf#page=232>.

15. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і

їхніми державами-членами, з іншої сторони : Угода Україна від 27.06.2014 р. :
станом на 30 листоп. 2023 р. URL:
https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text

16. УкрГМІ, Український гідрометеорологічний інститут. УкрГМІ, Український гідрометеорологічний інститут. URL: <https://uhmi.org.ua>

17. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії. Київ : Ніка-Центр, 2012. 307 с.

18. Хільчевський В.К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра. Київ : Видавничо-полігр. центр "Київ. ун-т", 1996. 218 с.
URL:https://www.researchgate.net/publication/322567210_Role_of_agrochemical_facilities_in_forming_of_quality_of_waters_of_river_basin_Dnipro_ROL_AGROHIM_ICNIH_ZASOBIV_U_FORMUVANNI_AKOSTI_VOD_BASEJNU_DNIPRA?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19#read.

19. Strokal V., Kovpak A. Causes of nutrient pollution in the Dnieper river basin: theoretical syntheses. *Ecological Sciences*. 2021. Vol. 35, no. 2. P. 37–44.
URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.6>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Класифікації якості поверхневих вод

Таблиця А.1

Класифікація якості прісних гіпо-олігогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Показники, мг/дм ³	Клас якості води						
	I	II		III	IV	V	
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Сума іонів	<=500	501-750	751-1000	1001-1250	1251-1500	1501-2000	>2000
Хлориди	<=20	21-30	31-75	76-150	151-200	201-300	>300
Сульфати	<=50	51-75	76-100	101-150	151-200	201-300	>300

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними критеріями

Клас якості води	I	II	III	IV	V		
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7
Гідрофізичні: Завислі речовини, мг/дм ³	<5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	>100
Прозорість, м	>1,5	1-1,5	0,65-0,95	0,5-0,6	0,35-0,45	0,2-0,3	<0,20
Гідрохімічні: рН	6,9-7,0 7,1-7,5	6,7-6,8 7,6-7,9	6,5-6,6 8,0-8,1	6,3-6,4 8,2-8,3	6,1-6,2 8,4-8,3	5,9-6,0 8,6-8,7	<5,9 >8,7
Азот амонійний, мгN/дм ³	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	>2,50
Азот нітритний, мгN/дм ³	<0,002	0,002-0,005	0,006-0,01	0,011-0,02	0,021-0,05	0,051-0,10	> 0,10
Азот нітратний, мгN/дм ³	< 0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	>2,50
Фосфор фосфатів, мгP/дм ³	< 0,015	0,015-0,030	0,031-0,05	0,051-0,10	0,101-0,20	0,201-0,300	> 0,30
Розчинений O ₂ , мгO ₂ /дм ³	<8,0	7,6-8,0	7,1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	<4,0
% насичення	96-100 101-105	91-96 106-110	81-90 111-120	71-80 121-130	61-70 131-140	40-60 141-150	<40 > 150
ПО, мгO ₂ /дм ³	<3,0	3,0-5,0	5,1-8,0	8,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	>20,0
БО, мгO ₂ /дм ³	<9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	>60
БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	< 1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	> 12,0
Гідробіологічні: Біомаса фітопланктону, мг	<0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	>50,0

Продовження таблиці А.2

Клас якості води	I		II		III		IV	V
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7	
Індекс самоочищення-самозабруднення (A/R)	1,0	0,9 1,1	0,8 1,2	0,7 1,3-1,5	0,6 1,6-2,0	0,5 2,1-2,5	<0,5 >2,5	
Бактеріологічні: Чисельність бактеріо-планктону, млн кл/см ³	<0,5	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	5,1-7,0	7,1-10,0	> 10,0	
Чисельність сапрофітних бактерій, тис. кл/см ³	<1,0	1,0-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	10,1-25,0	25,1-100,0	> 100,0	
Біоіндикація сапробності (індекси сапробності):								
за Пантле-Букком	<1,0	1,0-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	> 3,5	
За Гуднайтом-Уітсєм	1-20	21-45	46-60	61-70	71-80	81-90	91-100	
Трофність (переважаючий тип)	оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		полі-трофні	гіпер-трофні	
	оліготрофні, оліго-мезотрофні	мезо-трофні	мезо-евтрофні	ев-трофні	ев-полі-трофні	полі-трофні	гіпер-трофні	
Сапробність	олігосапробні		β -мезосапробні		α-мезосапробні		полі-сапробні	
	β -оліго-сапробні	α-оліго-сапробні	β'-мезо-сапробні	β''-мезо-сапробні	α'-мезо-сапробні	α''-мезо-сапробні	полі-сапробні	

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за критеріями вмісту
специфічних речовин токсичної дії

Показники, мг/дм ³	Клас якості води						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Ртуть	<0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	>2,50
Кадмій	<0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	>5,0
Мідь	< 1	1	2	3-10	11-25	26-50	>50
Цинк	< 10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	>200
Свинець	<2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Хром (загальний)	<2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	>50
Нікель	< 1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Миш'як	< 1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	>35
Залізо (загальне)	<50	50-70	76-100	101-500	501-1000	1001-2500	> 2500
Марганець	< 10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	> 1250
Фториди	< 100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	> 1000
Ціаніди	0	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Нафтопродукти	<10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	> 300
Феноли (леткі)	0	< 1	1	2	3-5	6-20	>20
СПАР	0	< 10	10-20	21-50	51-100	101-250	> 250

ДОДАТОК Б
Середньорічні гідрохімічні показники р. Головесня

Таблиця Б.1

Середньорічні гідрохімічні показники р. Головесня за період з 1989 по 2023 роки

Показ- ник/ рік	Температура	Завислі речовини	рН	Кисень	Насичення	CO ₂	HCO ₃	SO ₄	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій
	Град	Мг/л		Мг/л	%	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л
1989	7,62	2,06	7,43	9,99	88,62	10,33	232,77	49,48	38,51	64,78	21,93	17,88
1990	8,73	2,07	7,62	12,86	100,50	8,35	225,67	57,47	33,57	62,93	20,99	18,33
1991	9,32	2,06	7,22	9,74	81,70	12,08	253,55	40,02	30,97	69,50	18,33	16,64
1992	7,83	2,13	7,54	9,49	80,71	11,00	306,43	34,59	23,56	65,60	24,99	17,50
1993	3,87	33,92	7,96	10,90	85,50	14,02	295,00	22,03	17,75	66,92	22,07	11,92
1994	3,93	8,38	6,93	8,25	73,50	11,24	251,83	15,47	10,68	51,83	15,90	10,30
1995	5,09	6,31	7,08	11,74	91,00	11,00	235,00	18,91	18,88	58,20	14,48	13,50
1996	4,28	23,04	8,01	9,29	57,67	11,27	175,54	34,48	12,12	46,70	13,42	9,00
1997	10,45	15,89	7,29	12,10	116,50	12,95	197,50	74,90	8,85	53,30	10,70	17,25
1998	21,20	6,97	0,00	7,65	70,00	3,00	190,00	18,27	10,63	51,30	9,73	7,67
1999	12,33	5,08	7,72	8,83	81,67	13,20	236,00	9,63	10,40	56,63	12,47	5,67
2000	7,30	10,15	6,93	7,95	62,47	13,17	240,00	10,20	8,40	59,18	11,50	8,50
2001	1,17	12,60	7,94	11,27	79,00	14,43	245,00	12,95	9,70	63,30	12,65	9,00
2002	3,05	23,30	7,70	8,80	67,00	13,55	242,50	13,00	8,80	60,10	14,60	15,00
2003	11,20	16,60	7,99	12,20	111,00	6,16	218,00	18,20	9,60	56,90	10,70	14,50
2004	5,55	3,55	7,30	9,68	66,00	10,60	282,00	10,15	10,35	72,93	10,35	10,13
2005	7,80	17,68	7,10	9,63	78,25	12,88	232,75	12,88	11,30	56,70	15,68	18,63
2006	5,30	16,55	7,68	11,10	88,75	11,85	198,50	16,03	8,08	55,30	8,75	15,25
2007	4,63	11,58	7,83	9,10	72,25	12,88	247,50	19,85	17,10	62,10	13,75	13,13
2008	5,43	16,58	7,45	9,35	73,50	12,18	183,25	13,03	10,35	47,68	10,35	8,38
2009	5,83	11,25	7,65	11,28	90,75	13,38	244,50	12,15	11,65	60,90	13,00	12,13
2010	7,18	13,60	7,81	11,60	97,75	10,70	302,25	14,88	18,00	78,95	17,03	11,00
2011	4,75	12,30	7,38	13,03	103,75	8,45	278,25	18,98	16,45	70,35	17,88	12,75
2012	5,38	15,23	6,90	9,78	77,75	10,08	315,00	11,75	12,85	75,55	20,68	15,28

Продовження таблиці Б.1

Показник/ рік	Температура	Завислі речовини	pH	Кисень	Насичення	CO ₂	HCO ₃	SO ₄	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій
	Град	Мг/л		Мг/л	%	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л
2014												
2015	5,35	22,60	7,37	11,93	99,00	9,40	325,50	14,13	17,15	77,15	22,13	14,88
2016	4,75	6,80	7,65	12,10	94,00	8,93	305,00	26,58	12,40	80,38	16,18	12,90
2017	4,98	10,60	7,08	13,85	110,50	8,90	312,25	8,43	9,42	75,75	15,56	8,90
2018	5,18	8,90	6,96	14,73	117,00	8,55	277,00	15,58	11,53	69,14	15,33	11,08
2019	5,08	3,50	7,77	15,95	125,00	7,83	343,00	17,23	11,90	82,03	20,57	14,97
2020			8,58				323,50	17,20	17,46	65,84	17,15	11,75
2021			8,22				315,00	21,88	19,71	72,32	18,38	18,23
2022			8,27				317,67	25,30	8,96	57,62	16,40	20,87
2023			8,28				305,72	14,86	7,06	63,80	16,87	16,89

Продовження таблиці Б.1

Показник/ рік	Калій	Сума іонів	Жорсткість	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄ +NO ₂ +NO ₃	Фосфати	Фосфор загальний	Кремній	Залізо загальне
	Мг/л	Мг/л	Мг-Екв/	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л
1989	5,62	432,77	5,04	0,54	0,036	0,06	0,51	0,37	0,49	2,15	
1990	6,17	425,33	4,87	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1991	5,86	435,18	4,96	0,08	0,004	0,07	0,15	0,27	0,42	1,80	0,12
1992	5,50	466,25	5,33	0,11	0,006	0,13	0,20	0,44	0,70	4,01	0,09
1993	4,97	440,67	5,15	0,25	0,008	0,29	0,54	0,32	0,45	5,37	
1994	2,67	333,50	3,89	2,25	0,065	0,17	2,48	0,22	0,34	5,88	
1995	4,06	363,38	4,10	1,28	0,043	0,20	1,53	0,16	0,27	7,19	
1996	3,4	294,80	3,17	0,38	0,134	0,24	0,76	0,20	0,30	5,30	

Продовження таблиці Б.1

Показник/ рік	Калій	Сума іонів	Жорсткість	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄ +NO ₂ +NO ₃	Фосфати	Фосфор загальний	Кремній	Залізо загальне
	Мг/л	Мг/л	Мг-Екв/	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	Мг/л
1997											
1998	1,33	289,33	3,36	0,23	0,017	0,11	0,36	0,11	0,20	7,33	0,90
1999	1,33	330,67	3,85	0,50	0,029	0,18	0,71	0,27	0,37	5,83	
2000	1,50	339,00	3,90	0,11	0,013	0,21	0,32	0,17	0,25	8,98	
2001	2,25	354,50	4,20	0,13	0,013	0,19	0,33	0,10	0,24	7,70	
2002	1,75	356,00	4,20	0,07	0,065	0,18	0,31	0,09	0,17	8,80	
2003	5,50	333,00	3,72	0,22	0,060	0,19	0,47	0,12	0,19	7,80	
2004	2,63	395,00	4,49	0,20	0,015	0,16	0,37	0,11	0,23	8,73	
2005	3,63	351,75	4,12	0,11	0,025	0,19	0,31	0,12	0,20	8,88	
2006	8,00	309,75	3,48	0,19	0,016	0,17	0,37	0,07	0,14	7,78	
2007	3,88	372,75	4,23	0,56	0,018	0,17	0,75	0,21	0,25	8,50	
2008	2,75	275,75	3,23	0,59	0,026	0,25	0,87	0,18	0,22	9,60	
2009	3,00	359,50	4,11	0,27	0,017	0,23	0,51	0,11	0,12	6,53	
2010	3,25	445,00	5,34	0,66	0,020	0,25	0,92	0,11	0,15	7,03	
2011	3,40	418,00	4,98	0,61	0,034	0,17	0,81	0,10	0,14	6,38	
2012	2,73	454,03	5,47	0,37	0,023	0,36	0,75	0,08	0,12	5,83	
2013	3,50	453,00	5,43	0,41	0,045	0,14	0,60	0,03	0,06	7,13	
2014	1,75	447,25	5,44	0,46	0,045	0,17	0,67	0,06	0,08	6,98	
2015	3,75	474,25	5,67	0,35	0,060	0,55	0,96	0,14	0,18	7,45	
2016	4,05	457,50	5,34	0,23	0,031	0,28	0,54	0,15	0,19	9,30	
2017	2,70	433,03	5,06	0,81	0,062	0,59	1,46	0,13	0,28	9,08	
2018	3,45	403,13	4,71	0,25	0,023	1,18	1,45	0,14	0,18	5,70	
2019	3,50	488,57	5,79	0,25	0,028	0,92	1,20	0,06	0,10	9,08	
2020	3,25	353,95	5,51	0,09	0,060	0,12	0,27	0,09			
2021	9,14	473,70	5,14	0,09	0,036	0,41	0,53	0,09			
2022	10,40	499,65	4,13	0,07	0,023	0,62	0,72	0,07			
2023	8,76	459,99	4,51	0,09	0,320	0,65	1,06	0,09			

Продовження таблиці Б.1

Показник/ рік	Мідь	Марганець	Цинк	Хром 6+	ПО	БО	БСК ₅	Феноли	Нафтопродукти	СПАР	Витрати
	Мкг/л	Мкг/л	Мкг/л	Мкг/л	МгО ₂ /л	МгО ₂ /л	МгО ₂ /л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	м ³ /с
1989	11,50		10,00	7,25		24,50	2,80	0,00		0,08	182,4411
1990						21,30		0,00		0,08	210,4959
1991				8,36		20,53				0,03	210,2603
1992	62,00			3,44		31,40		0,00	0,10	0,10	201,0741
1993				29,87	8,55	53,50		0,01	0,12	0,21	209,6082
1994				8,68		24,33	3,29	0,01		0,06	194,3726
1995				32,75		29,75		0,00		0,05	190,5918
1996				9,16	8,65	65,25	1,89	0,01	0,22	0,14	186,8995
1997				12,26	4,80		2,83	0,00		0,02	154,1655
1998	2,00	256,00	38,00	4,53	3,87			0,00		0,00	195,1616
1999				7,00	12,80	29,13	1,40	0,01	0,17	0,03	166,2608
2000				3,25		11,93	2,71	0,00	0,09	0,05	187,9552
2001				6,13		30,70	0,87	0,00	0,22	0,00	177,1488
2002				2,75		15,97	4,55	0,00	0,00	0,00	174,4575
2003				10,70		18,40	1,50	0,00	0,00	0,00	206,5589
2004				6,40		34,85	1,18	0,00	0,01	0,00	181,7609
2005				4,18			0,33	0,00	0,01	0,01	174,6162
2006				10,65			1,75	0,00	0,06	0,02	189,1934
2007				5,28			0,86	0,00	0,02	0,02	149,1981
2008				13,33			1,18	0,00	0,07	0,03	151,6675
2009				6,83			1,52	0,00	0,02	0,02	137,3222
2010				3,15			0,78	0,00	0,02	0,01	143,5219
2011				10,18			0,96	0,00	0,03	0,01	126,3252
2012				6,20			0,89	0,00	0,01	0,00	141,179
2013				3,53			1,33	0,00	0,01	0,00	134,8551
2014				7,30			0,99	0,00	0,01	0,01	100,4474
2015				6,18			1,90	0,00	0,03	0,01	130,6921

Закінчення таблиці Б.1

Показник/ рік	Мідь	Марганець	Цинк	Хром 6+	ПО	БО	БСК ₅	Феноли	Нафтопродукти	СПАР	Витрати
	Мкг/ л	Мкг/л	Мкг/л	Мкг/л	МгО ₂ /л	МгО ₂ /л	МгО ₂ /л	Мг/л	Мг/л	Мг/л	м ³ /с
2018				9,43		17,53	0,90	0,001	0,01	0,00	110,7282
2019				6,15	3,16	13,63	1,05	0,001	0,01	0,01	
2020				2,82	2,87	17,48	1,38	0,001	0,02		
2021					3,6	11,44					
2022					3,74	9,05					
2023					4,58	11,98					

ДОДАТОК В

Аналітичні значення t-критерію Стьюдента

Таблиця В.1

Абсолютні значення квантелів розподілу в залежності від числа степенів свободи ν для одностороннього (α %) рівня значимості

F(t)		90	95	97,5	99,0	99,5
α		10	5	2,5	1	0,5
Число степенів свободи	1	3,077	6,313	12,71	31,82	63,66
	2	1,885	2,920	4,302	6,964	9,924
	3	1,638	2,353	3,182	4,540	5,840
	4	1,533	2,132	2,776	3,746	4,604
	5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
	6	1,439	1,943	2,446	3,142	3,707
	7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,500
	8	1,397	1,859	2,306	2,897	3,355
	9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
	10	1,372	1,813	2,228	2,764	3,169
	11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,105
	12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
	13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
	14	1,345	1,761	2,145	2,625	2,976
	15	1,341	1,753	2,131	2,603	2,947
	16	1,336	1,746	2,119	2,583	2,920
	17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
	18	1,330	1,734	2,101	2,551	2,878
	19	1,328	1,729	2,093	2,540	2,861
	20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
	21	1,323	1,721	2,079	2,517	2,831
	22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
	24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
	26	1,315	1,706	2,055	2,478	2,778
	28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
	30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
	32	1,308	1,693	2,036	2,448	2,738
	34	1,307	1,691	2,032	2,441	2,728
	36	1,305	1,688	2,028	2,435	2,720
	38	1,304	1,686	2,024	2,429	2,712
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,705	
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678	
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	
80	1,292	1,664	1,990	2,373	2,638	
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626	
200	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601	
300	1,284	1,650	1,968	2,339	2,592	
500	1,283	1,647	1,964	2,333	2,585	