

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екології та менеджменту довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
магістра
на тему
ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ В РЕЗУЛЬТАТІ ВПЛИВУ
ЗМІЇВСЬКОЇ ПАПЕРОВОЇ ФАБРИКИ

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗДЕ-62
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ / Олександр СЕВЕРИН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Наталія РИЧАК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

в. о. завідувача кафедри _____ / Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Інна МИРОНОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екології та менеджменту довкілля

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

____ / проф. Андрій АЧАСОВ

підпис ім'я та прізвище

“__” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Олександра СЕВЕРИНА

(прізвище, ім'я,)

1. Тема роботи «Оцінка якості вод р. Сіверський донець в результаті впливу зміївської паперової фабрики»

керівник роботи Наталія РИЧАК, кандидат географічних наук, доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “12” листопада 2024 року №4301-5/3647

2. Строк подання студентом роботи _____ 12. 11. 2024 р. _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Дослідити наявні джерела щодо стану поверхневих вод у р. Сіверський Донець.
2. Огляд впливу промислових підприємств (зокрема паперової промисловості) на якість води.
3. Описати методи проведення дослідження якості поверхневих вод річки Сіверський Донець.
4. Систематизація та аналіз даних щодо гідрохімічних показників. Порівняння отриманих показників з гранично допустимими концентраціями (ГДК).
5. Екологічні та технологічні заходи для зменшення впливу Зміївської паперової фабрики.
6. Зробити висновки проведеної роботи.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літератури з теми "Оцінка якості поверхневих вод р. Сіверський Донець"
2	Методи дослідження якості поверхневих вод
3	Проведення оцінки якості вод та визначення проблемних ділянок
4	Розробка рекомендацій щодо покращення якості вод річки

5. Дата видачі завдання _____ 08.05.2023 р. _____

Студент

підпис

Олександро СЕВЕРИН

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Наталія РИЧАК

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ В РЕЗУЛЬТАТІ ВПЛИВУ ЗМІЇВСЬКОЇ ПАПЕРОВОЇ ФАБРИКИ

Олександр СЕВЕРИН

Кваліфікаційна робота «Оцінка якості вод р. Сіверський Донець в результаті впливу Зміївської паперової фабрики» містить 47 сторінок, 4 розділи, 9 таблиць, 9 рисунків, 2 формули, 22 використаних джерела.

Мета роботи: Оцінка якості поверхневих вод річки Сіверський Донець в межах Харківської області під впливом промислової діяльності.

Актуальність теми. Дослідження якості поверхневих вод річки Сіверський Донець є важливим для вирішення низки екологічних, соціальних та економічних проблем.

Завдання: провести огляд актуальних наукових публікацій за тематикою дослідження; здійснити аналіз гідрохімічних показників поверхневих вод річки Сіверський Донець за період 2020-2024 років; провести оцінку якості поверхневих вод за допомогою відповідних індексів; розробити рекомендації щодо покращення стану поверхневих вод річки Сіверський Донець.

Методи: Робота використовує методи пошуку, синтезу та аналізу, зокрема модифікований індекс забруднення води (ІЗВ) та комбінаторний індекс забруднення (КІЗ).

Результати. Проаналізовано якість поверхневих вод річки Сіверський Донець за період 2020-2024 років, визначено основні джерела забруднення та розроблено рекомендації для покращення якості води й зменшення екологічних ризиків.

ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД, РІЧКА СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ,
МОДИФІКОВАНИЙ ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ, КОМБІНАТОРНИЙ
ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE SIVERSKYI DONETS RIVER UNDER THE INFLUENCE OF THE ZMIIV PAPER FACTORY

Oleksandr SEVERYN

The qualification paper titled "Assessment of the Water Quality of the Siverskyi Donets River under the Influence of the Zmiiv Paper Factory" consists of 47 pages, 4 chapters, 9 tables, 9 figures, 2 formulas, and 24 references.

Purpose of the study: To assess the quality of surface water in the Siverskyi Donets River within the Kharkiv region under the impact of industrial activities.

Relevance of the topic: The research on the quality of surface water in the Siverskyi Donets River is essential for addressing numerous environmental, social, and economic challenges.

Analyze the hydrochemical parameters of surface water in the Siverskyi Donets River for the period 2020–2024. Assess the quality of surface water using appropriate indices. Develop recommendations to improve the condition of surface water in the Siverskyi Donets River.

Methods: The study employs methods of search, synthesis, and analysis, including the modified Water Pollution Index (WPI) and the combinatory pollution index (CPI).

Results: The study analyzed the quality of surface water in the Siverskyi Donets River over the period 2020–2024, identified key pollution sources, and developed recommendations to improve water quality and mitigate ecological risks.

SURFACE WATER QUALITY, SIVERSKYI DONETS RIVER, MODIFIED WATER POLLUTION INDEX, COMBINATORY POLLUTION INDEX.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
ВПЛИВ ПІДПРИЄМСТВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ.....	9
1. 1. Загальна характеристика впливу підприємств целюлозно-паперової промисловості на якість поверхневих вод: огляд аналітичної літератури.....	9
1.2. Гідрологічна характеристика р. Сіверський Донець та її екологічний стан.....	11
1.3. Вплив Зміївської целюлозно - паперової фабрики на екологічний стан р. Сіверський Донець у середній частині русла.....	14
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОД р. Сіверський Донець.....	22
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	28
3.1.Результати розрахунків індексу забруднення води та модифікованого індексу забруднення води.....	28
3.2.Результати розрахунків інтегрального індексу забруднення води.....	36
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ШОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У МОВАХ ВПЛИВУ НА НИХ ВИРОБНИЦТВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	39
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45
ДОДАТКИ.....	47

ВСТУП

Якість води річок є важливим екологічним показником, оскільки від неї залежить не тільки здоров'я людей, а й стан водних екосистем. Однією з таких річок є Сіверський Донець, який є однією з головних водних артерій Східної України. Річка протікає через кілька великих промислових регіонів, де значне забруднення води викликає діяльність підприємств, зокрема Зміївської паперової фабрики. Викиди забруднюючих речовин та скиди стічних вод від цього виробництва мають серйозний вплив на якість води річки, що призводить до порушення екологічної рівноваги та загроз для водних екосистем.

Зміївська паперова фабрика, одна з найбільших у регіоні, є значним джерелом забруднення для води Сіверського Донця. Викиди хімічних сполук, важких металів та органічних забруднювачів, що потрапляють у річку з промисловими стоками, змінюють хімічний склад води, порушують її екологічний стан та негативно впливають на здоров'я місцевих мешканців. Цей вплив є тривалим і потребує постійного моніторингу та досліджень, щоб забезпечити покращення стану водних ресурсів та зберегти їх для майбутніх поколінь.

На фоні збільшення антропогенного навантаження на водні ресурси, особливо через інтенсивне використання води в промисловості, актуальним є дослідження впливу підприємств на якість води річок, таких як Сіверський Донець. Забруднення води цієї річки безпосередньо пов'язане з скидами з підприємств і потребує комплексного підходу до аналізу та оцінки якості води.

Актуальність дослідження полягає в необхідності оцінити рівень забруднення води річки Сіверський Донець, спричинене діяльністю Зміївської паперової фабрики, і виявити основні чинники, які впливають на стан води, щоб розробити рекомендації щодо покращення екологічної ситуації в майбутньому.

Мета роботи — оцінити стан якості води річки Сіверський Донець під впливом виробничої діяльності Зміївської паперової фабрики та визначити напрямки покращення ситуації для збереження водних ресурсів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести огляд наукових досліджень з питання впливу промислових підприємств на якість води річок;
- оцінити вплив виробничих стоків Зміївської паперової фабрики на водну екосистему річки;
- провести хімічний аналіз води в зонах поблизу підприємства;
- визначити рівень забруднення води і порівняти його з нормативами ГДК;
- розробити рекомендації щодо поліпшення якості води річки Сіверський Донець.

Об'єкт дослідження — річка Сіверський Донець, її водна екосистема та вплив скидів Зміївської паперової фабрики на якість води.

Предмет дослідження — зміни якості води річки Сіверський Донець внаслідок антропогенного впливу, зокрема діяльності Зміївської паперової фабрики.

Методи дослідження включають хімічний аналіз проб води, порівняння гідрохімічних показників з нормами ГДК, а також використання методик оцінки забруднення води з допомогою індексів забруднення води та екологічної оцінки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в оцінці впливу діяльності конкретного промислового підприємства на якість води річки Сіверський Донець, що дозволить оцінити масштаби забруднення та розробити заходи для покращення стану водних ресурсів.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці рекомендацій щодо мінімізації впливу забруднюючих речовин на воду та визначенні шляхів покращення екологічного стану річки для забезпечення стійкості водних екосистем та безпеки водоспоживання в майбутньому.

РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ

1.1. Огляд впливу целюлозно-паперових підприємств на якість поверхневих вод

Стічні води, що утворюються на промислових підприємствах, мають значний вплив на довкілля. Целюлозно-паперова промисловість є одним із найбільших споживачів прісної води та джерелом великих обсягів стічних вод, що формуються на різних стадіях виробництва. Недостатньо очищені стоки негативно впливають на навколишнє середовище та створюють серйозні ризики для екології й здоров'я населення. За обсягом утворення стічних вод галузь поступається лише хімічній та металургійній промисловості. Промислові стоки включають широкий спектр органічних і неорганічних забруднювачів, серед яких лігнін, дубильні речовини, смоли та хлорорганічні сполуки. До основних показників, які слід знижувати під час очищення, належать хімічне споживання кисню (ХСК), а також завислі речовини, сполуки азоту та адсорбовані органічні галогеніди (ОГА) [2].

Склад і властивості стічних вод суттєво залежать від типу виробничих процесів, таких як виробництво сирової целюлози чи відбілювання паперу. Ці відмінності спричинені технологічними етапами, зокрема варінням целюлози, відбілюванням і виготовленням паперу. Основними джерелами стічних вод є термообробка деревини, виробництво та відбілювання целюлози, виготовлення паперу й переробка волокон. Кожен із цих процесів споживає великі обсяги прісної води та продукує значну кількість стічних вод. Обробка целюлози й паперу поділяється на чотири основні типи: механічну, хімічну, хіміко-механічну та термомеханічну.

Концентрація та склад забруднювачів у стоках залежать від характеру технологічних операцій. Викиди парникових газів також визначаються вмістом

органічних речовин у водах, температурними умовами процесів, типом і ефективністю очисних систем [17].

На першому етапі, під час миття кори, утворюються стічні води з невисоким рівнем забруднення порівняно з іншими стадіями. У процесі термомеханічного варіння (ТМВ), яке переважно є механічним, у воду потрапляють частинки кори, що становлять 12–14% від початкової маси деревини. Хімічний склад кори включає меншу частку целюлози, пентозанів і лігніну, але більше золи та розчинних речовин, таких як пектини й дубильні речовини. Це зумовлює підвищену кольоровість і високі показники біохімічного споживання кисню (БСК).

Другий тип стічних вод утворюється під час крафт-варіння. У цьому процесі до 30–60% твердої маси деревини переходить у рідку фазу — так званий чорний луг. Цей розчин містить побічні продукти лігніну, луги, сульфат натрію та смоляні кислоти. Основним джерелом токсичних речовин і неприємного запаху є конденсат, що утворюється під час випаровування варильного розчину.

Третій тип стоків генерується на стадії виробництва напівфабрикатів і розчинних форм целюлози, де застосовуються кислотні (сульфітні) або лужні (сульфатні) методи. Сульфатний метод, що використовується для обробки хвойної та листяної деревини, передбачає обробку сировини при високих температурі й тиску розчинами їдкого натру та сульфід натрію. Це призводить до утворення сірковмісних сполук із характерним запахом, таких як сірководень, метилмеркаптан і диметилсульфід.

Четвертий потік стоків формується на етапах промивки, сушіння та регенерації сірки. Основу забруднень становлять органічні речовини, що екстрагуються з деревини, а також сульфатні солі, утворені під час обробки розчинами сірки.

П'ятий потік утворюється під час виробництва паперу. До складу "білої води", яка циркулює в системі, входять добавки, наприклад, мінеральні наповнювачі (карбонат кальцію, глини, діоксид титану) та проклеювальні агенти. Частина цих речовин потрапляє у стоки. Шостий потік формується під час

відбілювання целюлози, коли у воду потрапляють хлоровані сполуки, які важко розкладаються, а також токсичні органічні речовини, зокрема хлоровані лігносульфонати.

Сьомий потік містить шлами, золу та завислі речовини, такі як залишки волокон, пігменти, смоли, жири й кислоти. Ці стічні води мають високу кольоровість (до 400 градусів за хромо-кобальтовою шкалою) [2].

Незважаючи на низьку токсичність, стоки від відбілювання характеризуються високими показниками ХСК (1000–7000 мг/дм³) та значною концентрацією завислих часток (500–2000 мг/дм³). Через це вони потребують попереднього очищення для зменшення кольоровості та концентрації забруднювачів.

1.2. Гідрологічна характеристика р. Сіверський Донець та її екологічний стан

Сіверський Донець є найбільшою річкою східної України (рис. 1) та належить до трансграничних водних об'єктів. Вона також є найбільшою притокою Дону. Загальна довжина річки становить 1053 км, а площа басейну – 98 900 км², із середнім похилом до гирла в 0,00018 (тобто 18 см на 1 км). Витоки річки розташовані на південних схилах Середньоруської височини неподалік міста Белгород у Росії. Далі вона тече через Харківську, Донецьку та Луганську області України й впадає в Дон у Ростовській області Росії.

Основна частина басейну річки знаходиться в Україні й суттєво впливає на її водний стік. Протяжність річки в межах України становить 700 км, а площа басейну – 54 500 км², що складає 55% від загальної площі водозбору. Останнім населеним пунктом на території України перед її виходом за кордон є село Попівка, розташоване за 222 км від гирла. Рельєф території включає Придніпровську низовину, Середньоруську та Донецьку височини. Згідно з фізико-географічним поділом, басейн Сіверського Дінця охоплює лісостепову

зону Середньоруської провінції у верхній течії та степову зону, до якої належать Донська північно-стєпова й Лівобережно-Дніпровська північно-стєпова провінції.



Рис. 1 – Місцерозташування р. Сівєрський Донець

Кліматичні особливості басейну річки Сівєрський Донець відзначаються специфічними рисами, зумовленими її східним розташуванням. Значна частина басейну лежить у межах Південної кліматичної області, що відповідає стєповій зоні, тоді як Донецький кряж належить до Північної кліматичної області. Для цього регіону характерна антициклональна погода та континентальний клімат. Термічний режим відзначається прохолодною або холодною зимою та теплим, а подекуди спекотним літом. Так, середня багаторічна температура в Харкові становить $-6,9^{\circ}\text{C}$ у січні та $20,3^{\circ}\text{C}$ у липні, а в Луганську – $-5,9^{\circ}\text{C}$ і $21,7^{\circ}\text{C}$ відповідно. Річна кількість опадів у басейні Сівєрського Дінця є порівняно невеликою і варіюється в межах 550–650 мм, що менше, ніж у басейнах інших великих річок України.

У басейні Сівєрського Дінця переважають східні та сухі вітри, що зумовлює знижену відносну вологість повітря, особливо в літній період. Агрокліматичні особливості регіону поділяють басейн на дві зони: верхня частина водозбору розташована в центральному та східному лісостепу, тоді як середня й нижня частини належать до північного стєпу. Значний вплив на гідрологічні та гідроекологічні режими річки має агрокліматична зона Донецького кряжу.

Басейн Сіверського Дінця простягається вздовж південно-західного краю Східноєвропейської платформи, де рельєф ускладнений Донецьким і Причорноморським прогинами. Основна долина річки розташована на межі цих геологічних структур. На території басейну знаходяться важливі гідрогеологічні об'єкти, такі як Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн і провінція Донбасу. Четвертинні відклади регіону містять води еолово-делювіальних формацій, тоді як дочетвертинні утворення включають водоносні горизонти пліоценових алювіальних, полтавсько-харківських відкладень (Середньоруська височина), кам'яновугільних формацій (Донбас), а також тріщинуватих крейдових порід (верхня частина водозбору). Алювіальні відклади, які займають значну частину території басейну Сіверського Дінця, формують перший водоносний горизонт ґрунтових вод. Цей горизонт активно використовується для водопостачання приватних домогосподарств і сільськогосподарських потреб. Проте, через відсутність природного захисту, цей водоносний горизонт є вразливим до забруднень, оскільки вода з поверхні може інфільтруватися через шар лесовидних суглинків.

Глибші горизонти, що складаються з пісків, пісковиків, тріщинуватої крейди та вапняків, мають кращий природний захист і використовуються для водопостачання міст і промислових підприємств. Осадкові породи, що залягають під басейном річки, містять кілька потужних підземних водоносних горизонтів, що є важливими джерелами водопостачання для господарських і промислових потреб, зокрема для виробництва природної та мінеральної води. У межах басейну можна виділити кілька зон за рівнем активності водообміну. У Донецькому крязі зона активного водообміну визначається глибиною врізання найбільших річок і не перевищує 200-250 м. Тут переважають прісні та слабосолонуваті води. З глибиною понад 1000-1500 м мінералізація вод значно зростає, утворюючи розсоли хлоридно-натрієвого складу через уповільнення водообміну. Шахтна діяльність у Донбасі штучно розширила зону активного водообміну, зменшуючи обсяг зони уповільненого водообміну.

Водоносний горизонт бучацько-канівських пісків утворюється в еоценових пісках і простягається майже по всій території басейну, за винятком відкритого Донбасу. Він розташований на глибині від 20 до 130 м і ізольований від поверхневого впливу глинами та мергелями київської свити, що забезпечує надійний захист від забруднень. Підземні води цього горизонту переважно прісні або слабосолонуваті, з підвищеним вмістом сульфатів і кальцію. Ближче до вододілів жорсткість води та концентрація сульфатів зростають, а також з'являється розчинене залізо в концентраціях 1-10 мг/дм³. Завдяки невисокій фільтраційній здатності води цього горизонту використовуються для господарсько-питних і технічних потреб. Підземні води з зони відкритої тріщинуватості мергельно-крейдяних відкладів поширені в північно-східній частині басейну та на правобережжі біля Луганська.

1.3. Вплив Зміївської целюлозно - паперової фабрики на екологічний стан р. Сіверський Донець у середній частині русла

Целюлозно-паперова промисловість є однією з найбільш розвинених і значущих галузей світової економіки. Основним напрямком її виробництва є виготовлення паперу та картону для побутового використання. Для виробництва паперу в цій галузі застосовують різноманітну сировину, включаючи деревину, бавовну, лляні волокна, відходи текстильної промисловості та інші матеріали. Процес виготовлення паперу є складним і включає такі етапи, як збір та підготовка сировини, відбілювання, змішування з рідинами, а також формування, пресування та сушіння паперу.

Целюлозно-паперова промисловість має значний вплив на навколишнє середовище, особливо на водні ресурси, оскільки вода використовується на багатьох етапах виробництва. Згідно з аналізом витрат води, 25% її використовують сільське господарство та промисловість, а 50% – житлово-комунальне господарство (рис. 2). Тому захист поверхневих і підземних вод від забруднення, спричиненого підприємствами цієї галузі, є надзвичайно важливим.

Целюлозно-паперова промисловість є однією з найбільших забруднювачів навколишнього середовища, що робить необхідним впровадження ефективних технологій для охорони водних ресурсів. Дослідження та розробка нових технологій очищення стічних вод, зниження викидів забруднюючих речовин у повітря та збільшення використання вторинної сировини є важливими та актуальними завданнями. Результати таких досліджень можуть допомогти підприємствам галузі впроваджувати більш екологічні технології та зменшувати їхній негативний вплив на навколишнє середовище.

Целюлозно-паперова промисловість спеціалізується на виробництві різноманітних видів паперу та картону, а також целюлози, яка є сировиною для інших виробничих процесів.



Рис. 2 – Втрати води в різних галузях [12]

Целюлозно-паперова промисловість є однією з ключових галузей не лише в Україні, а й у світі. Вона забезпечує виробництво різних видів паперу та картону, які знаходять застосування у багатьох сферах, таких як упаковка, друк, письмові роботи, газети, журнали та інші. Крім того, целюлоза, що є основною сировиною для виготовлення паперу та картону, використовується в текстильній, харчовій, фармацевтичній та інших галузях промисловості. Україна має значний потенціал

для розвитку цієї галузі завдяки своїм природним ресурсам. Зокрема, наявність великих лісових масивів в Україні є основним джерелом деревини для виробництва целюлози та паперу. Розвиток цієї галузі може позитивно вплинути на економіку країни, забезпечуючи створення нових робочих місць і збільшення експорту паперу та картону на міжнародному ринку. Також це дозволить зменшити залежність України від імпорту таких продуктів і забезпечити внутрішнє виробництво високоякісних паперових і картонних виробів.

Однак, целюлозно-паперова промисловість в Україні стикається з низкою проблем, таких як застаріле обладнання, відсутність високотехнологічних рішень та низька ефективність використання ресурсів. Крім того, виробництво паперу та картону призводить до серйозного забруднення довкілля, зокрема викидів шкідливих речовин у повітря та забруднення стічних вод. Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище українські підприємства вживають різні заходи, зокрема впроваджують технології очищення стічних вод, використовують вторинну сировину та енергозберігаючі технології. Проте ці заходи не завжди є достатніми, тому необхідні подальші дослідження та розробка нових ефективних технологій охорони водних ресурсів у цій галузі [4].

Україна є одним із великих виробників паперу та картону в Східній Європі. За даними Державної служби статистики України, у 2020 році обсяг виробництва паперу та картону становив 1,3 млн тонн, що на 7,7% менше, ніж у 2019 році. Проте з 2016 по 2019 роки виробництво зросло з 1,15 млн тонн до 1,41 млн тонн. Найбільшими виробниками паперу та картону в Україні є «Lviv Cardboard Packaging Mill», «Kyiv CPM», «Ferocon», «Volga-Dnepr Paper Mill» та інші. Проте в Україні існують проблеми із забрудненням водойм та довкілля через діяльність целюлозно-паперової промисловості.

Целюлозно-паперова промисловість має низку екологічних проблем в Україні. До основних з них належать: 1) викиди в атмосферу. Промислові викиди у вигляді пилу та газових відходів можуть забруднювати повітря і погіршувати якість життя населення в районах поблизу підприємств. Викиди, зокрема оксидів азоту та сірки, можуть призводити до утворення смогу і кислотних дощів, що

негативно впливає на екосистеми, зокрема на лісові масиви і водні ресурси. Україна активно займається вторинною переробкою паперу та картону. Згідно з даними Української асоціації вторинної сировини, близько 80% паперових відходів в Україні збирається і використовується для виробництва нового паперу та картону. Це дозволяє зменшити кількість відходів, що потрапляють на звалища, а також знизити витрати на видобуток сировини. Однак використання вторинної сировини має свої обмеження. Папір, виготовлений із вторинної сировини, може мати меншу якість і тривалість експлуатації, ніж папір, виготовлений із первинної сировини. Крім того, кількість та якість відходів, які можуть бути перероблені, обмежені. 5) Викиди токсичних відходів, що виникають у процесі виробництва, можуть призводити до забруднення ґрунтів і негативно впливати на рослинний та тваринний світ у районах поблизу підприємств. Токсичні відходи, такі як хлор, сульфати та інші хімічні речовини, можуть проникати в ґрунт і забруднювати ґрунтові води, що призводить до зниження родючості ґрунтів і негативно впливає на рослинність [3].

Для зменшення негативного впливу целюлозно-паперової промисловості на довкілля в Україні необхідно впроваджувати сучасні технології виробництва, що зменшать викиди токсичних речовин та забруднення водних джерел. Важливо також здійснювати контроль за використанням водних ресурсів і зменшувати вплив на лісові екосистеми. 6) Загроза для біорізноманіття: забруднення повітря та водних джерел, вирубка лісів для отримання сировини, викиди токсичних відходів та інші негативні наслідки целюлозно-паперової промисловості можуть серйозно впливати на біорізноманіття.

Отже, можна зробити висновок, що целюлозно-паперова промисловість є важливою галуззю економіки України з великим потенціалом для розвитку завдяки наявності природних ресурсів. Проте розвиток цієї галузі може мати негативний екологічний вплив на довкілля, зокрема на лісові масиви і річкові екосистеми. Тому важливо забезпечити баланс між розвитком цієї промисловості і збереженням природних ресурсів та довкілля.

Зміївська паперова фабрика, розташована в місті Зміїв Харківської області, є єдиним в Україні підприємством, яке спеціалізується на переробці композитної упаковки типу TetraPak. Заснована в 1893 році, фабрика має багатий історичний шлях, що почався ще 6 лютого 1891 року, коли купці Василь і Іван Монакови подали заяву на будівництво фабрики в слободі Піски Зміївського повіту. Через два роки, 16 грудня 1893 року, відбулося урочисте відкриття підприємства, яке розпочало виробництво обгорткового паперу [5].

Спочатку виробничий процес забезпечували два парові котли, парова машина та водяні турбіни, а основною сировиною були ганчір'я, деревна маса, солома та макулатура. Потужність фабрики становила 3,2 тонни паперу на добу, а обсяг скиду стічних вод досягав близько 300 кубічних метрів. У 1896 році брати Монакови відкрили додатковий завод для переробки деревини, що дозволило збільшити виробничі потужності. До 1910 року вантажі доставлялися по річці Сіверський Донець до Чугуєва, де розташовувалася залізнична станція.

У 1913 році фабрика виробила 3,3 тисячі тонн обгорткового паперу, а через рік її придбав купець Мошкевич. Після пожежі 1914 року було проведено відновлення фабрики з установкою нового обладнання та будівництвом нового корпусу. У 1916 році на фабриці почали виготовляти курильний папір "Верже". До 1929 року була введена нова папероробна машина, а з 1931 року почалося виробництво цигаркового паперу. Фабрика також активно покращувала умови праці, забезпечивши цехи душовими, а в селищі збудували їдальню, клуб, школу та житлові будинки. До 1940 року фабрика досягла проектної потужності, виробляючи 2015 тонн цигаркового паперу щорічно.

Друга світова війна завдала фабриці значних втрат. У вересні 1941 року обладнання було евакуйовано, а будівлі зруйновано. Після звільнення Змієва в 1943 році почалося відновлення фабрики. У 1945 році відновили роботу однієї з папероробних машин, а до 1946 року було введено ще одну. У 1962 році фабрика почала виготовляти копіювальний папір, а в 1968 році – сигаретний. У 1985 році було введено нове обладнання для виробництва крепованого паперу.

З 1974 по 1993 рік на підприємстві провели масштабну модернізацію, оновивши технологічне обладнання для очищення стічних вод, відбілювання маси та обробки сировини. У 1960–1980 роках в селищі побудували житлові будинки, дитячий садок, їдальню, магазини, амбулаторію та зону відпочинку на березі Сіверського Дінця [6].

Сьогодні на базі фабрики працює підприємство ТОВ "Кронек-Харків", яке залучає іноземні інвестиції. Важливою особливістю є використання вторинної сировини, таких як макулатура і відходи TetraPak, що дозволяє утилізувати понад 1000 тонн відходів на місяць, знижуючи забруднення навколишнього середовища та зберігаючи лісові ресурси. Підприємство виготовляє різні види паперу, включаючи пакувальний, крафт-папір та папір для друку. У 2007 році фабрика розпочала виробництво крепованого паперу для кондитерської промисловості та дизайнерських виробів. Це спричиняє значне забруднення води, що негативно позначається на якості екосистеми річки. На території фабрики щорічно утворюється близько 750 кубічних метрів зливових вод, які через недостатнє очищення потрапляють у водойми.

Таблиця 1

Характеристика зливого стоку Зміївської паперової фабрики [11]

Показники	Концентрації
pH	8,5 – 9,1
Завислі речовини, мг/дм ³	520 – 3230
ХСК, мг/дм ³	320 – 700
Нафтопродукти, мг/дм ³	6,9 – 33,0

Для очищення поверхневих стічних вод фабрика використовує систему відстоювання, однак її ефективність є обмеженою через поганий стан очистних споруд. Очисні споруди, зокрема відстійники, знаходяться в незадовільному

технічному стані, а центрифуга для зневоднення осадів не працює, що знижує ефективність процесу очистки [8]. Через це викиди фабрики призводять до збільшення концентрації хлоридів, лужності та жорсткості води, що негативно впливає на водні ресурси.

Станом на 2023 рік, рівень рН води у річці коливається від 8,5 до 9,1, що вказує на слаболужне середовище. Така зміна рН може мати шкідливі наслідки для водних організмів, порушуючи їх нормальне існування. Крім того, високий вміст завислих часток у воді, що становить від 520 до 3230 мг/дм³, знижує прозорість води, що значно погіршує умови для фотосинтезу водоростей та інших водних рослин, що є важливою частиною водної екосистеми.

Таблиця 2

Гідрохімічні характеристики стічних вод виробництва паперу з макулатурної сировини [11]

Стічні води (СВ)	Показники					
	рН	Конц. N-NH ₄ , мг/дм ³	Конц. завислих речовин, мг/дм ³	Сухий залишок, мг/дм ³	ХСК, мг/дм ³	Нафтопродукти, мг/дм ³
СВ Зміївської паперової фабрики	8,19	1,31	520	1067/967	360/424	1,2
Модельні СВ	7,40	3,56	450	900/200	707/495	1,4

Хімічне споживання кисню (ХСК) у воді знаходиться в межах 320–700 мг/дм³, що свідчить про наявність органічних забруднювачів, які споживають кисень. Це може призвести до дефіциту кисню у воді, що створює небезпечні умови для водних організмів, таких як риби, молюски та інші види, що потребують кисню для дихання. Особливо серйозним є перевищення концентрації нафтопродуктів у воді, яка варіюється від 6,9 до 33,0 мг/дм³, що перевищує встановлені допустимі норми у 24–28 разів. Це свідчить про значне антропогенне забруднення води та серйозну загрозу для здоров'я екосистеми річки Сіверський

Донець. Нафтопродукти не лише забруднюють воду, а й негативно впливають на водні організми, порушуючи їх нормальну життєдіяльність.

Загалом, ці показники свідчать про серйозне забруднення води в результаті діяльності Зміївської паперової фабрики. Це може призвести до деградації водних ресурсів та порушення екосистеми річки, що в свою чергу має негативні наслідки для біорізноманіття та загального стану довкілля в регіоні [9].

Зміївська паперова фабрика значно впливає на якість води річки Сіверський Донець через викиди забруднюючих речовин у стічні води. Вода, що викидається, має слабо лужне середовище, що може негативно позначатися на водних організмах. Високий рівень завислих речовин знижує прозорість води, що погіршує умови для фотосинтезу, а також існує загроза дефіциту кисню для водних екосистем. Крім того, наявність нафтопродуктів у стічних водах вказує на серйозне антропогенне забруднення. Всі ці фактори свідчать про значне забруднення водних ресурсів, що потребує вжиття заходів для покращення ситуації та збереження екологічного балансу в регіоні.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОД р. Сіверський Донець

Для досягнення поставлених завдань було проведено польові та лабораторні дослідження поверхне вих вод з річки Сіверський Донець в межах м. Зміїв. Польове дослідження р. Сіверський Донець проведено у середин вересня. В ході дослідження відібрано три зразка води:

1. Проба 1. Вище по течії.
2. Проба 2. Біля Паперової фабрики.
3. Проба 3. Нижче по течії (рис. 2.1).

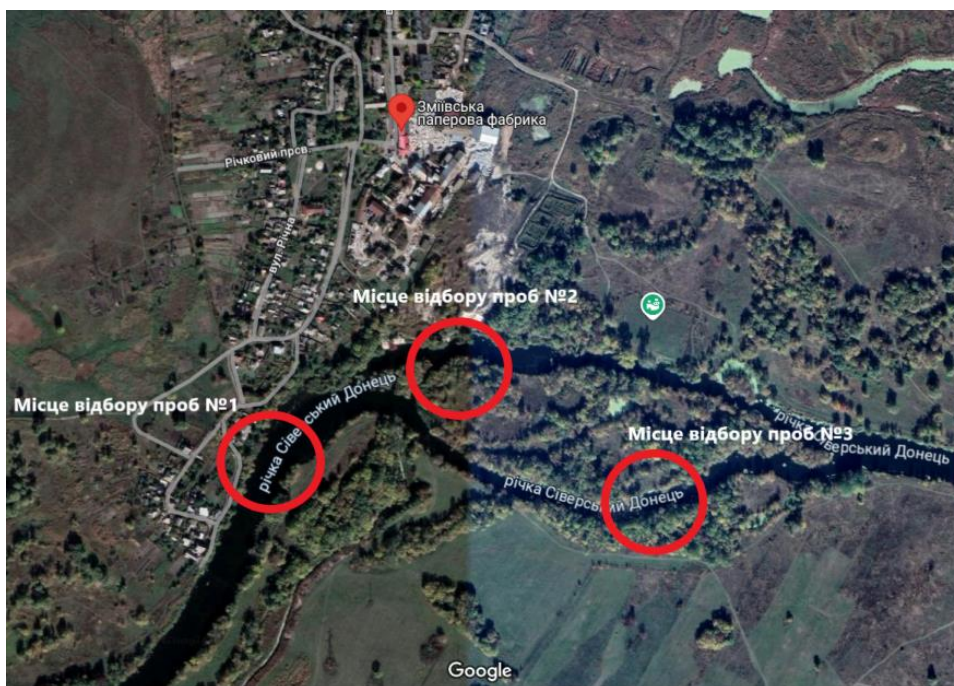


Рис. 3 – Місця відбору проб

Лабораторне дослідження проб води було проведено на базі Навчально-наукового інституту екології. Відібрані зразки аналізувались на наявність таких показників: рН водного, нітрати, нітрити, прозорість, запах, мутність, жорсткість загальна, хлориди, лужність, аміак. Також, відібрані зразки аналізувались на вміст важких металів: заліза, цинку, міді, марганцю, кадмію, хрому. У таблиці 3

виражені ГДК для вод водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення [2], [17], [18].

Таблиця 3

Нормативні значення для вод водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення [13]

Показник	Одиниці виміру	ГДК
БСК-5	мгО ² / дм ³	3
Розчинений кисень	-	4
рН водне	одиниці рН	8,5
Нітрати	мг/дм ³	50
Нітрити	мг/дм ³	3,3
Прозорість	см	>30
Мутність	-	1
Жорсткість заг.	ммоль/дм ³	7
Хлориди	мг/дм ³	350
Лужність	мг/дм ³	6,5
Аміак	мг/дм ³	2
Fe	мг/дм ³	0,2
Zn	мг/дм ³	1
Cu	мг/дм ³	1
Mn	мг/дм ³	0,05

Рівень рН визначають за допомогою рН-метра, поміщаючи зразок води в електроди приладу на 1-3 хвилини. Для виявлення нітратів до 10 мг води додається бруцин і 2 мл концентрованої сірчаної кислоти. Якщо нітрати присутні, суміш набуває жовтого кольору [10]. Нітрити визначають фотоелектроколориметричним методом, використовуючи два пробірки: одну з 20 мл досліджуваної води, а іншу — з робочим розчином. Додається реактив Гріса, і пробірки нагрівають у водяній бані при температурі 50-60°C протягом 10 хвилин. Після цього інтенсивність забарвлення вимірюється на фотоелектроколориметрі.

Прозорість води визначають за допомогою приладу Снеленна, що складається з циліндра з плоским дном, поділеного на сантиметри. Коли вода зливається з циліндра, експерт визначає, до якого рівня залишається чітко видно шрифт. Запах води оцінюється шляхом нагрівання 200 мл зразка до 40-60°C, після чого зразок струшується, і запах оцінюється за допомогою порівняння з таблицею. Мутність визначається за наявністю у воді завислих часток — глини, мулу, піску та органічних речовин.

Жорсткість води визначається за кількістю солей кальцію та магнію. Якщо концентрація цих солей висока, вода вважається жорсткою. Якщо ж солі відсутні або їх кількість мінімальна, вода є м'якою. Визначення хлоридів проводиться шляхом титрування розчином азотнокислого срібла після додавання хромату калію, що дозволяє виявити зміну кольору суміші від лимонно-жовтого до помаранчево-жовтого. Лужність води визначається за кількістю кислот, необхідних для нейтралізації 1 дм³ води. Для природних вод лужність визначається за кількістю гідрокарбонатів кальцію та магнію, причому рівень рН таких вод не перевищує 8,3. В лабораторії концентрацію амонійного азоту вимірюють за допомогою фотоелектроколориметра, порівнюючи інтенсивність забарвлення зразка води з еталонним розчином з відомою концентрацією [1].

Для визначення концентрацій металів (заліза, кадмію, цинку, хрому, міді, марганцю) використовують атомно-абсорбційний спектрометр. Для підготовки проби додається 2 мл 1% розчину HCl до 50 мл води, після чого проба завантажується в спектрометр, де процес аналізу відбувається автоматично. Для визначення деяких металів додаються модифікатори паладію та магнію. Модифікатори готуються шляхом змішування концентрованих розчинів паладію та магнію з водою. Процес додавання модифікаторів до зразків і їх аналіз автоматизовано, що мінімізує людський фактор. Спектрометр МГА-915 МД автоматично завантажує зразки та проводить вимірювання шляхом пропускання світлових хвиль через кювету, де за допомогою монохроматора визначають кількість часток металу.

Комплексна оцінка якості води річки Сіверський Донець проводилась за індексами ІЗВ та ІЗВ мод. Для розрахунку індексу забруднення води (ІЗВ) необхідно враховувати не менше п'яти показників, незалежно від того, перевищують вони ГДК чи ні, при цьому обов'язковими є показники розчиненого кисню та БСК-5. Для оцінки якості морських вод кількість показників має бути не менше чотирьох, включаючи обов'язковий розчинений кисень [14].

Індекс забруднення води (ІЗВ) у нашому випадку розраховується за 9 показниками, серед яких обов'язковими є БСК-5, розчинений кисень і рН. У нашому випадку це: БСК-5, розчинений кисень, рН, нітрити, аміак, Fe, Zn, Cu, Mn, згідно з формулою 2.1:

$$ІЗВ = (1/9) \sum (C_i / ГДК_i)$$

де C_i — середнє арифметичне значення показника якості води; $ГДК_i$ — гранично допустима концентрація. Після розрахунків результат класифікується відповідно до таблиці 4.

Таблиця 4

Оцінка якості води ІЗВ виконується за наступними класами

Клас якості води	Величина ІЗВ
I – дуже чиста	$ІЗВ \leq 0,3$
II – чиста	$0,3 < ІЗВ \leq 1$
III – Помірно забруднена	$1 < ІЗВ \leq 2,5$
IV – забруднена	$2,5 < ІЗВ \leq 4$
V – брудна	$4 < ІЗВ \leq 6$
VI – дуже брудна	$6 < ІЗВ \leq 10$
VII – надзвичайно брудна	$ІЗВ > 10$

Для розрахунку модифікованого індексу забруднення води (ІЗВмод) використовуються показники з найбільшим відношенням до гранично допустимої концентрації (ГДК). В обов'язковому порядку це БСК-5, розчинений кисень, а

також рН води, нітрати та хлориди. Розрахунок здійснюється за такою ж формулою, як і для ІЗВ, і класифікація відбувається відповідно до таблиці 4.

Наступним етапом є обчислення коефіцієнта забрудненості води (χ). Для цього використовуються дані про концентрації 11 сполук. Коефіцієнт забрудненості води χ розраховується як з урахуванням обов'язкових пріоритетних показників, так і без них. При розрахунку з пріоритетами, перші три місця займають такі показники, як БСК, розчинений кисень і рН. Інші показники ранжуються в порядку зменшення відношення середнього арифметичного значення показника якості води (C_i) до його гранично допустимої концентрації (ГДКі). В залежності від значення коефіцієнта χ складається атестаційна шкала для оцінки ступеня забрудненості водного середовища (таблиця 5).

Формула для розрахунку коефіцієнта забрудненості виглядає так:

$$\chi = \frac{\sum [(N_i / C_{i,d})\varphi(i)]}{\sum \varphi(i)}$$

Після розрахунків класифікується відповідно до таблиці 5

де: N_i — значення показника забрудненості; i — номер показника забрудненості в ранговій послідовності; $C_{i,d}$ — норматив (ГДК) показника; $\varphi(i) = i / (2i - 1)$ — вагова функція; $\sum \varphi(i)$ — приведена кількість показників.

Таблиця 5

Інтегральна оцінка ступеня забрудненості водного середовища

Коефіцієнт забруднення вод χ	Якісна оцінка ступеня забрудненості
До 1,00	Нешкідлива (чиста)
1 – 1,99	Мала
2 – 2,99	Припустима
3 – 3,99	Істотна
4 – 5,00	Інтенсивна
Більш 5,00	Катастрофічна

Було проведено оцінку якості води річки Сіверський Донець за допомогою обчислення індексу забруднення води (ІЗВ) та модифікованого індексу забруднення (ІЗВмод). Використання цих індексів дозволило детально класифікувати стан води за різними рівнями забруднення. Згідно з отриманими значеннями ІЗВ, вода була класифікована відповідно до таблиці 4, що включає категорії від «дуже чистої» до «надзвичайно забрудненої» води. Ця класифікація дає змогу визначити ступінь забруднення води та її відповідність екологічним стандартам [16].

Для точнішої оцінки забрудненості було розраховано коефіцієнт забрудненості води (χ), який враховує пріоритетні показники, що мають найбільший вплив на якість води. Цей коефіцієнт дозволяє оцінити загальний рівень забруднення водного середовища, беручи до уваги найбільш значущі показники, такі як БСК, розчинений кисень та рН води. В результаті розрахунків, отримані значення коефіцієнта χ були класифіковані за атестаційною шкалою, наведеною в таблиці 5. Ця шкала надає інтегральну оцінку впливу забруднюючих речовин на водне середовище, що дозволяє з'ясувати, чи є вода чистою, чи має певний рівень забруднення.

Оцінка води на основі цих індексів дозволяє визначити, чи відповідає вона екологічним вимогам, а також допомагає приймати рішення щодо її подальшого використання, захисту та очищення, що є важливим кроком у збереженні якості водних ресурсів.

РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1.Результати розрахунків індексу забруднення води та модифікованого індексу забруднення води

Лабораторні дослідження проб вод з р. Сіверський Донець проводились для визначення наступних показників: нітриту, нітрати, кадмій, марганець, мідь, залізо, хром, цинк, рівень Ph, хлориди, аміак, лужність, жорсткість, прозорість (додаток 1).

Далі представлено результати дослідження якості води у відібраних пробах та порівняно з значеннями нормативними (таблиця 6).

Таблиця 6

Результати лабораторних досліджень проб з р. Сіверський Донець

Назва речовини	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Нормативні значення	Одиниці вимірювання
БСК-5	2,76	2,91	2,49	3	мгО ₂ / дм ³
Розчинений кисень	4,74	5,28	4,5	4	-
pH	7,9	7,9	8	8,5	-
Аміак	0,04	0,04	0,04	2,0	мг/дм ³
Прозорість	30	30	30	30	см
Нітриту	0,004	0,004	0,002	3,3	мг/дм ³
Нітрати	0	0	0	50	мг/дм ³
Хлориди	376	368	360	350	мг/дм ³
Лужність	6,3	7,6	6,3	6,5	ммоль/дм ³
Жорсткість	6,4	8,6	7,8	7	ммоль/дм ³
Залізо	0	0	0	0,2	мг/дм ³
Цинк	0,0283	0,0396	0,0276	1,0	мг/дм ³
Мідь	0	0,0001	0,0002	1,0	мг/дм ³
Марганець	0	0	0	0,05	мг/дм ³
Кадмій	0,001	0,001	0,001	0,01	мг/дм ³
Хром	0,001	0,001	0,001	0,05	мг/дм ³

Для порівняння лабораторних досліджень з нормативними показниками якості води використовувалися дані з ДСанПіН 2.2.4-171-10, оскільки в Гігієнічних нормах якості води водних об'єктів, затверджених Наказом Міністерства охорони здоров'я від 02.05.2022 № 721, не враховані деякі з досліджуваних показників, а СанПіН 4630-88 втратив чинність 20.01.2016. Результати досліджень були апробовані на конференції в рамках роботи.

Серед важких металів найбільш токсичним є кадмій, гранично допустима концентрація якого становить 0,01 мг/дм³. За результатами лабораторних аналізів кадмій у пробах води річки Сіверський Донець не виявлено.

У трьох пробах води було зафіксовано перевищення допустимих значень хлоридів (376 мг/дм³, 368 мг/дм³, 360 мг/дм³), що може свідчити про забруднення води промисловими або сільськогосподарськими стоками. У другій пробі також виявлено перевищення лужності (7,6 ммоль/дм³) порівняно з нормативом (6,5 ммоль/дм³), що може вказувати на наявність гідрокарбонатів або інших лужних речовин. Показники, що перевищують нормативи, будуть окремо розглянуті на графіках для детальнішого аналізу їх динаміки та впливу на якість води [19].

На основі отриманих даних було побудовано та проаналізовано діаграми, на яких відображені концентрації окремих показників у відібраних пробах. Графік на рис. 3.1 показує, що в усіх трьох пробах рівень хлоридів перевищує встановлену нормативну величину 250 мг/дм³. Зокрема, у першій пробі вміст хлоридів досягає 376 мг/дм³, що є найбільшим серед показників, у другій пробі цей рівень становить 368 мг/дм³, а в третій пробі — 360 мг/дм³. Такі високі значення свідчать про можливе антропогенне навантаження на водний об'єкт, яке може бути викликано стічними водами чи іншими джерелами забруднення. Апробація роботи була проведена на Всеукраїнських Галіївських читаннях у 2024 році.

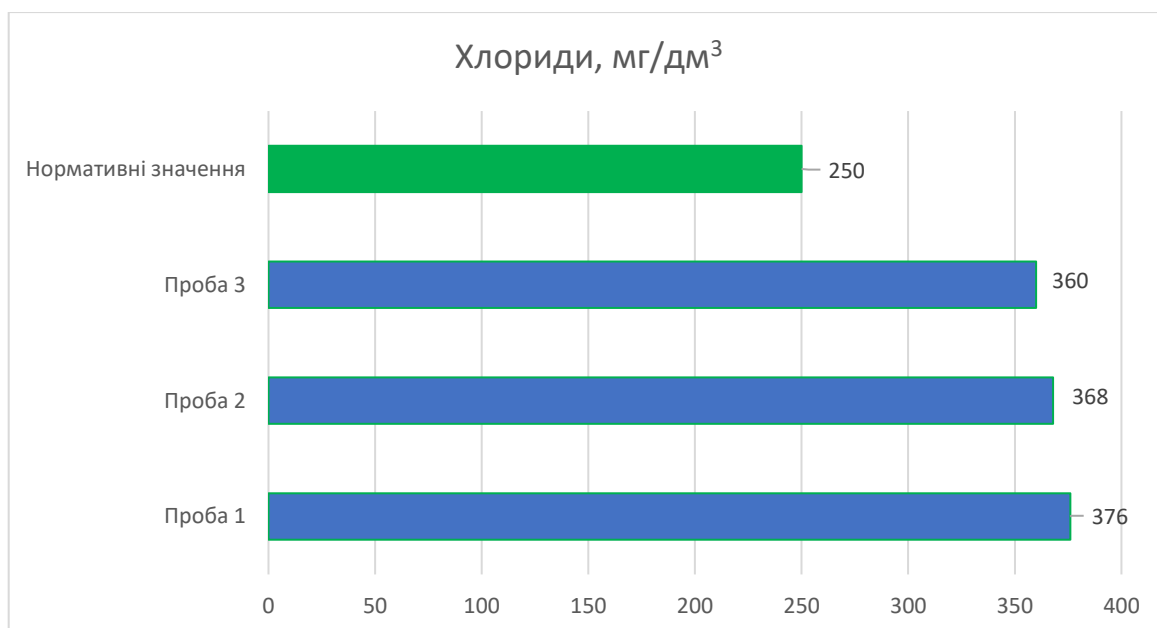


Рис. 4 – Результати дослідження вмісту хлоридів

У всіх трьох пробах рівень хлоридів перевищує норматив у 250 мг/дм³, що вказує на можливе антропогенне забруднення. Особливо високі показники в пробах 2 та 3: хлориди в них сягають 368 мг/дм³ і 360 мг/дм³ відповідно.

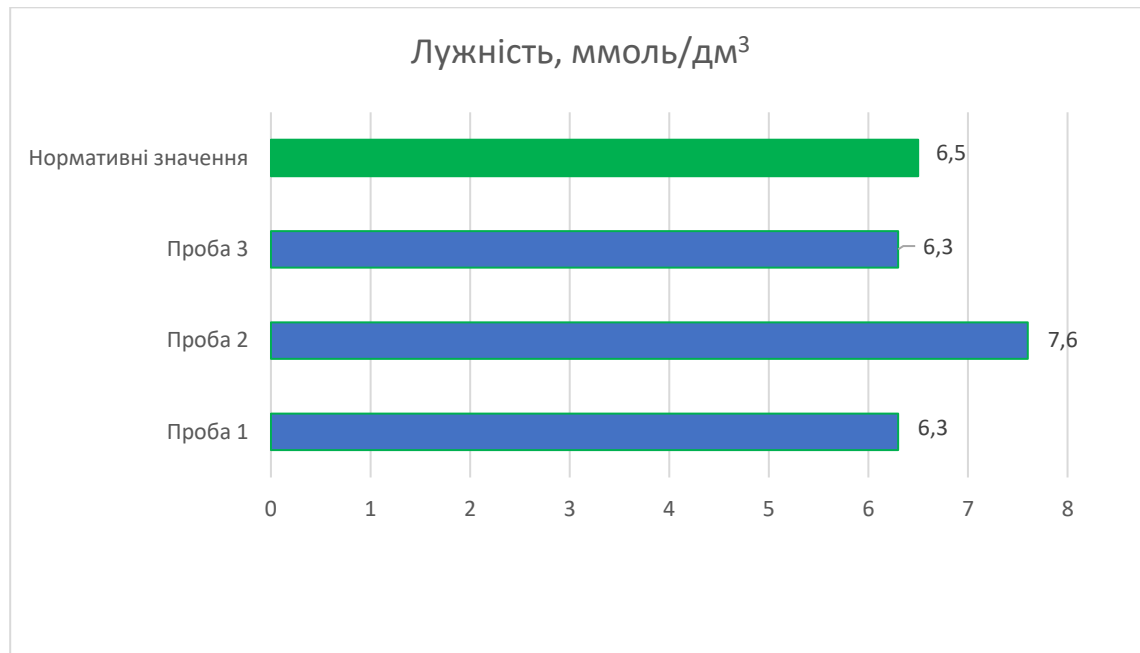


Рис. 5 – Результати дослідження лужності

Проба 2 також демонструє найвищу лужність — 7,6 ммоль/дм³, що перевищує норму, а проба 3 має рівень жорсткості 7,8 ммоль/дм³, що свідчить про підвищений вміст кальцію та магнію.

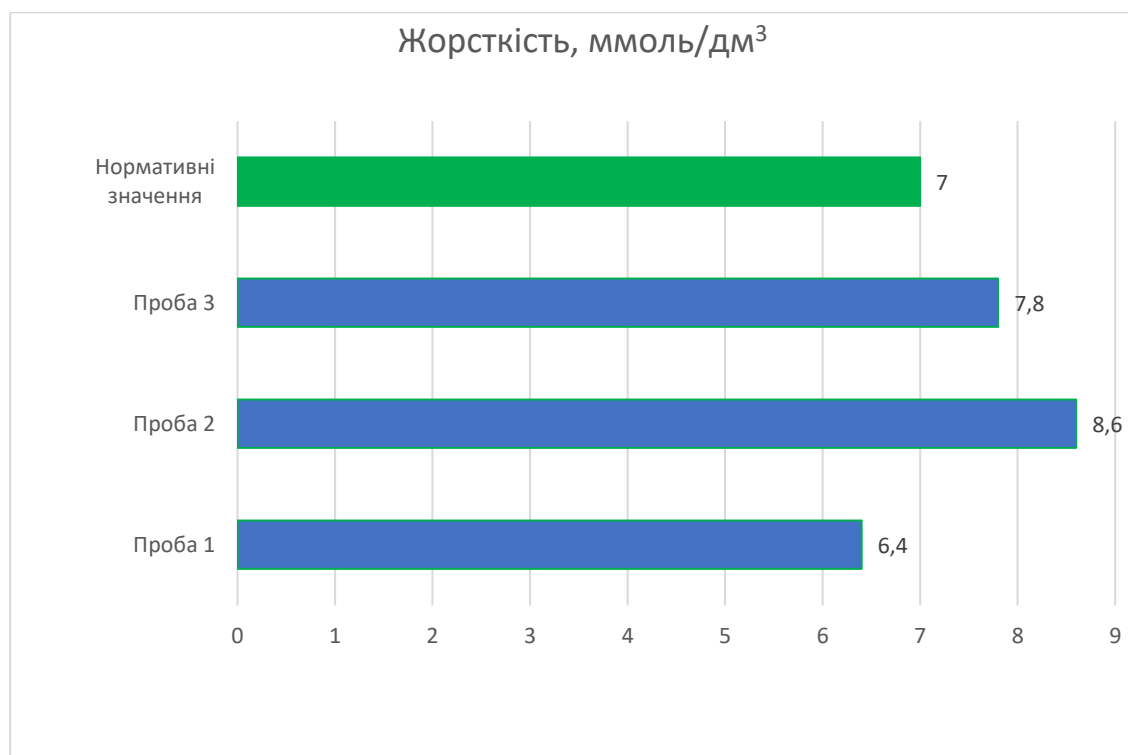


Рис. 6 – Результати дослідження жорсткості

Жорсткість води в усіх пробіях наближається до граничного значення, особливо в пробі 3 (7,8 ммоль/дм³), що свідчить про підвищену концентрацію кальцію та магнію. Інші показники, такі як аміак, нітрити, нітрати та важкі метали, перебувають у межах норми, що вказує на відсутність значного забруднення цими речовинами.

Розчинений кисень у всіх трьох пробіях перевищує нормативне значення (4 мг/дм³). У першій пробі значення становить 4,74 мг/дм³, у другій — 5,28 мг/дм³, а у третій — 4,5 мг/дм³. Таке перевищення свідчить про надмірну кількість розчиненого кисню у воді, що може бути наслідком інтенсивного фотосинтезу водоростей або аерації, але також може вказувати на можливі техногенні чи антропогенні фактори.

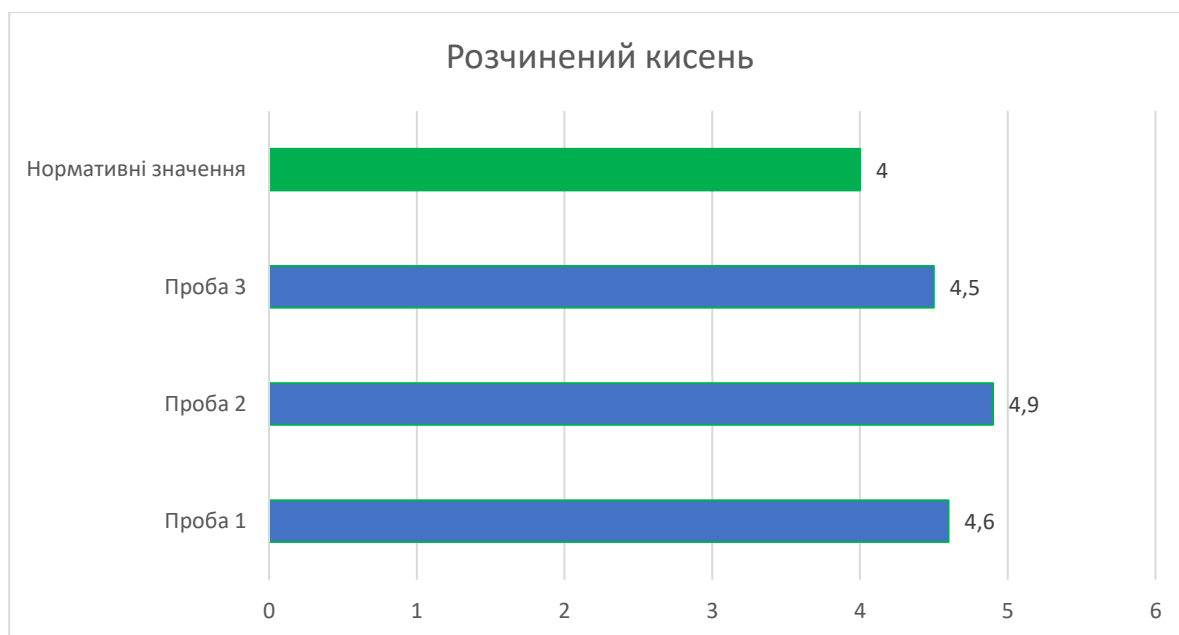


Рис. 7 – Результати дослідження розчиненого кисню

Індекс забруднення води (ІЗВ) розраховується з метою комплексної оцінки якості води водних об'єктів, таких як річки, озера та інші водойми. Це дозволяє визначити рівень забруднення води та її відповідність встановленим екологічним стандартам і нормам, що важливо для забезпечення здоров'я людей та збереження екосистем. Основною метою розрахунку ІЗВ є оцінка стану водного середовища. ІЗВ дає можливість виявити наявність забруднюючих речовин у воді, оцінити їх концентрацію та порівняти з нормативними значеннями, визначеними для питних, господарсько-побутових та інших потреб. Це дозволяє визначити, чи відповідає якість води встановленим стандартам [20].

ІЗВ також сприяє контролю за дотриманням стандартів якості води. Порівняння фактичних результатів з нормативами допомагає виявити порушення та забруднення, що можуть виникати через промислові стоки, сільськогосподарські впливи чи інші джерела забруднення. Це є основою для розробки заходів щодо покращення якості води та збереження водних ресурсів.

Ще однією важливою метою є прогнозування впливу на екосистему. Оцінка ІЗВ дає змогу визначити, які забруднення є критичними для здоров'я екосистеми, рибальства, водопостачання та загального добробуту населення, що дозволяє вчасно вжити заходів для збереження водних ресурсів.

ІЗВ також допомагає розробити заходи щодо покращення якості води. Визначення ділянок із підвищеним рівнем забруднення дозволяє орієнтувати зусилля на очищення води та вдосконалення систем водопостачання та водовідведення. Нарешті, оцінка динаміки змін є важливою складовою. Розрахунок ІЗВ на різних етапах дозволяє моніторити зміни в якості води з часом, що дає можливість оцінити ефективність вжитих заходів та відстежувати тенденції у стані водних ресурсів [21].

Таким чином, ІЗВ є важливим інструментом для екологічного моніторингу, який сприяє збереженню чистоти води, забезпеченню безпеки водних ресурсів та запобіганню їх забрудненню.

Таблиця 7

Оцінка якості води за індексом забруднення ІЗВ

№	Показник	ГДК _i	C _i	C _i / ГДК
1.	БСК-5	3	2,72	0,91
2.	Розчинений кисень	4	4,84	1,21
3.	pH	8,5	7,93	0,9
4.	Нітрити	3,3	0,0033	0,001
5.	Аміак	2	0,04	0,02
6.	Залізо	0,2	0,0	0
7.	Цинк	1	0,03	0,032
8.	Мідь	1	0,0001	0,0001
9.	Марганець	0,05	0,00	0
Σ				3,10

Найвищий показник ІЗВ (рис. 8) спостерігається біля паперової фабрики (0,35), що вказує на можливе забруднення води внаслідок виробничої діяльності фабрики. Показник ІЗВ дещо знижується нижче за течією (0,33), що може свідчити про розсіювання забруднень або їхнє часткове осадження. Вихідний рівень забруднення вище по течії (0,34) свідчить, що річка зазнає помірного

забруднення навіть до впливу фабрики. Згідно з розрахунками, наведеними в таблиці 7, значення індексу забруднення води (ІЗВ) становить: $ІЗВ = 3,10 / 9 = 0,34$. Така вода належить до класу 2 (чиста).

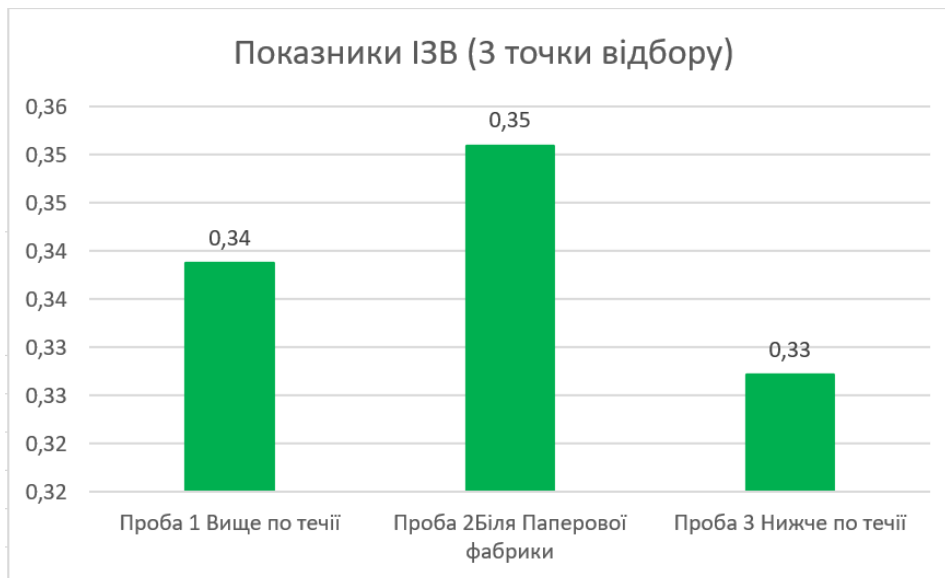


Рис. 8 - Зміни ІЗВ по течії річки (станом на 2024 рік)

На графіку (рис. 9) представлено порівняння індексу забруднення води (ІЗВ) у річці Сіверський Донець за 2022 і 2024 роки в трьох точках відбору. У 2024 році ІЗВ у пробі вище по течії склав 0,34 (проти 0,30 у 2022 році), що свідчить про зростання забруднення на початковій ділянці. ІЗВ біля паперової фабрики підвищився до 0,35 порівняно з 0,33 у 2022 році, що може вказувати на посилення впливу фабрики.

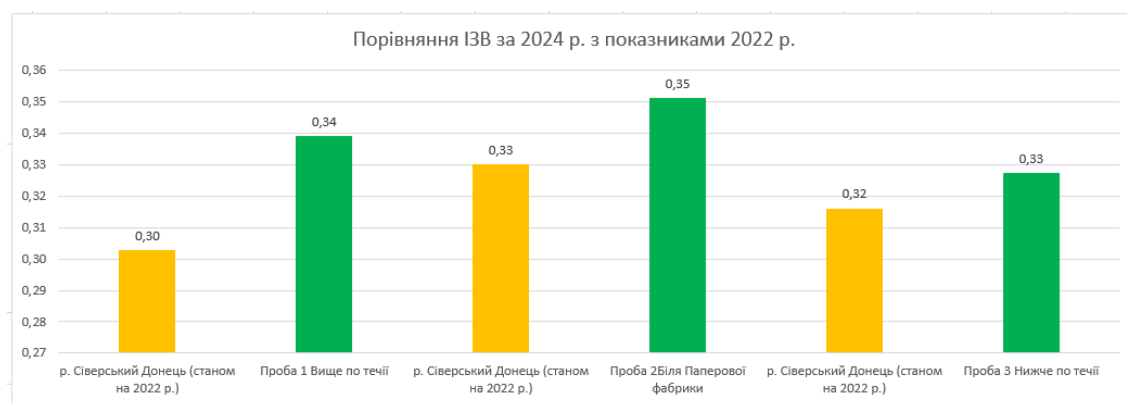


Рис. 9 – Порівняння показників ІЗВ за 2024 рік з показниками 2022 р. [7]

Нижче по течії ІЗВ у 2024 році становить 0,33 (проти 0,32 у 2022 році), що свідчить про стабільний рівень забруднення. Загалом результати демонструють збільшення ІЗВ у 2024 році, особливо в зоні поблизу фабрики, що може бути наслідком підвищеного антропогенного впливу та погіршення екологічного стану води в річці.

Таблиця 8

Оцінка якості води за індексом забруднення модифікованого ІЗВ

№	Показник	ГДК _i	C _i	C _i / ГДК
1.	БСК-5	3	2,72	0,91
2.	Розчинений кисень	4	4,84	1,21
3.	pH	8,5	7,93	0,9
4.	Нітрити	3,3	0,0033	0,001
1.	Хлориди	250	368	1,472
			Σ	4,493

Відповідно до таблиці 8, для оцінки якості води за індексом забруднення модифікованого ІЗВ були розраховані значення для кількох показників, таких як БСК-5, розчинений кисень, pH, нітрити та хлориди. Значення індексу ІЗВ (0,34) вказує на те, що вода належить до класу 2, що характеризується як чиста вода.

Зокрема, для показників:

- БСК-5: 2,72, що становить 0,91 від ГДК;
- Розчинений кисень: 4,84, що становить 1,21 від ГДК;
- pH та нітрити знаходяться в межах допустимих значень, з дуже низьким співвідношенням для нітритів (0,0033).

• Хлориди мають перевищення ГДК, що може вказувати на можливе забруднення води. Загальний індекс забруднення води з урахуванням цих показників становить 4,493, що є значенням, яке вказує на помірний рівень

забруднення води. Таким чином, хоча вода і залишається в межах "чистої", перевищення рівня хлоридів може свідчити про антропогенні впливи на водний об'єкт.

3.2.Результати розрахунків інтегрального індексу забруднення води

На сьогодні в Україні та в інших країнах світу розроблено різноманітні критерії для комплексної оцінки якості поверхневих прісних вод. Ці класифікації враховують різні аспекти водного середовища, такі як бактеріологічні, фізико-хімічні та гідробіологічні показники. Деякі з них фокусуються на фізико-хімічних характеристиках води, інші — на стані водних екосистем, що дозволяє враховувати вплив на живі організми, що їх населяють. Оцінка за допомогою цих показників надає важливу інформацію про стан водних ресурсів і є необхідною для розробки ефективних заходів щодо їх збереження та відновлення.

Комбінація різних підходів, зокрема фізико-хімічних та біологічних, є надзвичайно корисною для комплексного оцінювання екологічного стану водних об'єктів. Це дозволяє зробити більш точні висновки щодо рівня забруднення води та її здатності підтримувати здорові екосистеми. Врахування таких факторів, як рівень забруднення, біологічне різноманіття та вплив на різні види організмів, дає змогу більш обґрунтовано визначати заходи для покращення якості води.

Оцінка якості води за хімічними показниками є важливою частиною цього процесу, але вона також є складним завданням. Вона вимагає точного порівняння середніх концентрацій різних хімічних компонентів, що фіксуються на пунктах контролю, із встановленими нормативами, зокрема гранично допустимими концентраціями (ГДК) для кожного з компонентів. Це дозволяє оцінити, чи перевищують рівні забруднення безпечні межі для водного середовища і людей, що використовують ці води [25].

Для більш комплексної та зручної оцінки, більшість сучасних методів оцінки якості води передбачають створення інтегральних індексів. Ці індекси об'єднують численні окремі параметри в один показник, що дозволяє оцінити

загальний стан водного об'єкта в цілому. Завдяки таким індексам можна оперативно й зручно визначати рівень забруднення та ухвалювати рішення про необхідність впровадження заходів для поліпшення якості води.

Таблиця 9

Оцінка якості води за критерієм забрудненості χ

Назва речовини	Сі / ГДКі	З пріоритетами			Назва речовини	Сі / ГДКі	Без пріоритетів		
		Ранг	$\varphi(i)$	$\varphi(i)C_i / ГДК_i$			Ранг	$\varphi(i)$	$\varphi(i)C_i / ГДК_i$
БСК-5	0,898	1	1,0000	0,89778	Хлориди	1,472	1	1,0000	0,89778
Розчинений кисень	1,167	2	1,0000	1,16667	Розчинений кисень	1,167	2	1,0000	1,16667
pH	0,933	3	0,7500	0,70000	pH	0,933	3	0,7500	0,52500
Аміак	0,020	9	0,5000	0,01000	БСК5	0,898	4	0,5000	0,00500
Нітриди	0,001	8	0,3122	0,00032	Нітрати	0,000	5	0,3122	0,00010
Нітрати	0,000	5	0,1865	0,00000	Залізо	0,000	6	0,1865	0,00000
Хлориди	1,472	4	0,1074	0,15806	Цинк	0,032	7	0,1074	0,01697
Залізо	0,000	6	0,0625	0,00000	Нітриди	0,001	8	0,0625	0,00000
Цинк	0,032	7	0,0352	0,00112	Аміак	0,020	9	0,0352	0,00004
Мідь	0,000	11	0,0195	0,00000	Марганець	0,000	10	0,0195	0,00000
Марганець	0,000	10	0,0107	0,00000	Мідь	0,000	11	0,0107	0,00000
Σ			3,9840	2,93394	Σ			3,9840	2,61156

Згідно з таблицею, у якій наведено дані для розрахунку коефіцієнта забрудненості води з використанням пріоритетних та неприоритетних показників, можна зробити кілька важливих висновків.

По-перше, існує чітка різниця в підходах до розрахунку з пріоритетними та без пріоритетних показників. Коефіцієнт забрудненості для води з пріоритетними

показниками ($\chi_{пр}$) становить 3,9840, що свідчить про помірне забруднення води. У той же час, коефіцієнт без пріоритетних показників (χ) знижений до 2,61156, що вказує на загальне зменшення впливу забруднюючих речовин на водне середовище при відсутності врахування певних пріоритетних інгредієнтів.

По-друге, важливим є розуміння пріоритетних показників, таких як БСК-5, розчинений кисень та хлориди. Ці показники мають найбільший вплив на підвищення коефіцієнта забрудненості води, що підкреслює їх важливість для оцінки якості води. Врахування цих показників дозволяє отримати більш точну оцінку рівня забруднення водного об'єкта.

По-третє, показники, такі як аміак, нітрати, залізо, мідь та марганець, мають значно менший вплив на загальний індекс забруднення води. Це відображається на значеннях їхнього коефіцієнта в розрахунках, що свідчить про їхній менш значущий вплив на загальний стан водного середовища.

Нарешті, на основі розрахунків можна зробити висновок, що при використанні пріоритетних показників вода класифікується як забруднена, але без значного впливу на екосистему. Врахування без пріоритетних показників допомагає зменшити рівень забруднення, але не дає повної картини якості води. Таким чином, для більш точного моніторингу та оцінки водного середовища важливо використовувати комплексний підхід з урахуванням усіх ключових показників.

РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ШОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРНЕВИХ ВОД У МОВАХ ВПЛИВУ НА НИХ ВИРОБНИЦТВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Очищення стічних вод на підприємствах целюлозно-паперової промисловості є важливою складовою частиною збереження якості водних ресурсів та охорони навколишнього середовища. Зміївська паперова фабрика, як одне з найбільших підприємств цієї галузі, має важливу роль у зменшенні негативного впливу на водні ресурси та навколишнє середовище. Враховуючи сучасні виклики екологічної ситуації та необхідність відповідати високим стандартам очищення, підприємству необхідно впроваджувати інноваційні технології та постійно вдосконалювати процеси очищення стічних вод. У цьому контексті, розробка рекомендацій щодо покращення технологій очищення та інтеграції екологічно чистих методів стане важливим кроком на шляху до сталого розвитку.

Зміївській паперовій фабриці доцільно впровадити більш інтенсивні біотехнології для очищення стічних вод, зокрема методи, засновані на активованому мулі, аеробних стабілізованих осадах та мікроорганізмах, що здатні ефективно видаляти органічні забруднювачі, нітрати і фосфати. Застосування комбінованих біологічних методів може суттєво покращити якість води, що скидається у річки, дозволяючи забезпечити очищення навіть вод з високим рівнем органічних забруднювачів. Можна також розглянути впровадження технологій з використанням біофільтрів або мембранних біореакторів для досягнення більш ефективного очищення в умовах високих навантажень.

Зміївській фабриці рекомендується модернізувати існуючі очисні споруди з використанням передових фізико-хімічних методів очищення води, таких як коагуляція, флокуляція і адсорбція. Ці методи дозволяють видаляти важкі метали, органічні забруднювачі та токсичні сполуки, що можуть бути присутні в стічних водах після процесу виробництва целюлози. Система коагуляції-флокуляції дозволяє ефективно знижувати мутність води, а методи адсорбції на активованому

вугіллі можуть використовуватись для видалення органічних сполук, таких як феноли, хлорорганічні сполуки, а також важких металів. Модернізація таких систем сприятиме покращенню якості води, що скидається у природні водойми, і відповідності екологічним стандартам.

Для зменшення споживання водних ресурсів та зменшення кількості стічних вод рекомендується впровадити систему рекуперації води на підприємстві. Це включає використання технологій, що дозволяють очищати і повторно використовувати воду в процесах виробництва. Зокрема, можна впровадити системи очищення для повторного використання води в незначних процесах, де вимоги до її якості не є такими суворими. Це зменшить потребу у нових водних ресурсах і одночасно дозволить скоротити обсяги скидів у навколишнє середовище, що позитивно вплине на водні екосистеми та знизить екологічне навантаження на річки.

Для ефективного управління процесом очищення води на Зміївській паперовій фабриці необхідно впровадити автоматизовані системи моніторингу якості стічних вод. Ці системи мають дозволяти постійно контролювати рівень забруднювачів у воді на всіх етапах очищення. Використання сенсорних технологій для вимірювання концентрації токсичних елементів, таких як важкі метали, нітрати, фосфати, органічні забруднювачі, дасть змогу оперативно коригувати процес очищення в разі перевищення допустимих норм. Інтеграція таких систем із процесами очищення дозволить скоротити час реакції на забруднення і забезпечить своєчасну корекцію технологічного процесу.

Для зниження концентрації нітратів та фосфатів у стічних водах Зміївській фабриці рекомендується застосувати методи біологічного азотовидалення. Цей процес дозволяє використовувати мікроорганізми для ефективного перетворення нітратів у більш безпечні сполуки, що знижує навантаження на водні ресурси. Також можна використовувати фосфатні сорбенти або біологічні фільтри, що ефективно видаляють фосфати з води. Це дозволить значно знизити рівень цих забруднювачів у річках і поліпшити якість води, що скидається в природні

водотоки, зменшуючи таким чином ризик евтрофікації (розвиток водоростей) у водоймах.

Зміївській фабриці важливо продовжувати інвестувати в новітні екологічні технології для очищення стічних вод. Впровадження технологій для видалення важких металів (наприклад, за допомогою іонообмінних смол, електролізу або осадження на мембранах) дозволить фабриці значно зменшити викиди токсичних сполук у навколишнє середовище. Також варто розглянути можливість використання технологій ультрафільтрації або зворотного осмосу для очистки води від органічних сполук і мікробів. Інвестиції в такі технології можуть сприяти досягненню більш високих стандартів екологічної безпеки та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

У рамках відновлення регіону після війни Зміївській фабриці можна рекомендувати створення рекреаційних зон на водоймах, що оточують фабрику, з метою зменшення антропогенного тиску на водні ресурси. Створення природних фільтрів, таких як водно-болотні угіддя або лісові зони біля води, може допомогти підтримати екологічну рівновагу. Такі зони сприятимуть збереженню біорізноманіття та стануть важливими елементами для відновлення екосистем водних ресурсів, що в свою чергу позитивно вплине на якість води в річках і дозволить використовувати їх для рекреації.

Зміївській фабриці слід активніше співпрацювати з науковими установами, екологічними організаціями та державними органами для проведення досліджень, аналізу та моніторингу якості водних ресурсів. Впровадження регулярних екологічних аудитів та досліджень дозволить не лише своєчасно виявляти проблеми, а й оптимізувати процеси очищення води, застосовуючи науково обґрунтовані методи. Також така співпраця допоможе фабриці слідувати останнім екологічним трендам і забезпечить доступ до новітніх технологій очищення.

Регулярне навчання працівників Зміївської паперової фабрики, які займаються очищенням стічних вод, є важливим елементом для підвищення ефективності очищення. Навчання персоналу щодо новітніх екологічних методів та технологій очищення води дозволить покращити результати та знизити ризик

помилки в процесах очищення. Крім того, навчання забезпечить збереження високих стандартів екологічної безпеки на підприємстві, що позитивно позначиться на іміджі фабрики як екологічно відповідального виробника.

Запровадження цих рекомендацій дозволить Зміївській паперовій фабриці не тільки підвищити ефективність очищення стічних вод, а й зробити вагомий внесок у збереження екологічної рівноваги в регіоні, сприяючи сталому розвитку водних ресурсів.

Запропоновані рекомендації для Зміївської паперової фабрики, що охоплюють впровадження передових біотехнологій, модернізацію очисних споруд, автоматизацію моніторингу якості води та інвестування в екологічно чисті технології, сприятимуть значному покращенню якості стічних вод і зниженню впливу на навколишнє середовище. Використання комбінованих методів очищення, впровадження систем рекуперації води та створення рекреаційних зон навколо водних об'єктів допоможуть не лише виконати вимоги екологічних стандартів, але й забезпечити сталий розвиток водних ресурсів. Всі ці заходи дозволять фабриці значно знизити забруднення водних ресурсів, сприяти відновленню екосистем та підвищити рівень екологічної відповідальності підприємства в цілому.

ВИСНОВКИ

У дослідженні якості води річки Сіверський Донець було застосовано комплексний підхід, що включав як польові, так і лабораторні дослідження. Вибір місць для відбору проб (вище та нижче по течії, біля Паперової фабрики) дозволив отримати репрезентативні дані для подальшого аналізу. В лабораторних умовах визначались ключові показники якості води, зокрема хімічні елементи, фізико-хімічні характеристики та вміст важких металів.

Результати дослідження показали перевищення нормативів за деякими показниками, що вказує на можливе забруднення води антропогенними факторами, зокрема промисловими або сільськогосподарськими стоками. Показники, що перевищували норми:

- Хлориди: У пробах, взятих поблизу Паперової фабрики, рівень хлоридів був значно вищим за норматив (250 мг/дм^3): Проба 2 — 368 мг/дм^3 . Проба 3 — 360 мг/дм^3 .

- Лужність: У пробі 2 спостерігалось підвищення лужності до $7,6 \text{ ммоль/дм}^3$, що перевищує норму, ймовірно через наявність гідрокарбонатів або інших лужних сполук.

- Жорсткість: Проба 3 показала підвищену жорсткість — $7,8 \text{ ммоль/дм}^3$, що вказує на високий вміст кальцію та магнію.

Однак концентрація важких металів, таких як кадмій, була в межах допустимих норм, що свідчить про відсутність серйозного забруднення цими речовинами.

Для комплексної оцінки забруднення води були розраховані індекси забруднення води (ІЗВ) та модифікований індекс забруднення (ІЗВмод). Визначення цих індексів дозволило оцінити стан води в різних точках річки. Результати показали, що вода в межах м. Зміїв має помірний рівень забруднення, особливо в районі Паперової фабрики. Це підтверджує існування джерела забруднення, ймовірно, внаслідок промислової діяльності. ІЗВ у 2024 році порівняно з 2022 роком показав зростання рівня забруднення:

- Вище по течії: з 0,30 до 0,34.
- Біля Паперової фабрики: з 0,33 до 0,35.
- Нижче по течії: майже стабільний, змінився з 0,32 до 0,33.

Ці зміни свідчать про збільшення рівня забруднення в районі Паперової фабрики, що може бути пов'язано з її промисловою діяльністю.

Прогнозування впливу забруднення на екосистему та здоров'я людей вказує на необхідність вжиття заходів для зменшення забруднення води. Рекомендується посилити контроль за скидами стічних вод у річку, а також розробити стратегії з очищення та збереження водних ресурсів. Крім того, важливо здійснювати регулярний моніторинг стану води для своєчасного виявлення змін у її якості та ефективності вжитих заходів. Фабрика, яка скидає стічні води в річку, є головним джерелом забруднення. Поганий стан очисних споруд (відстійники, відсутність центрифуги для зневоднення) сприяє підвищенню концентрації хлоридів, лужності та жорсткості, а також забрудненню води нафтою та іншими хімічними сполуками, що перевищують допустимі норми в 24–28 разів.

Дослідження якості води річки Сіверський Донець є важливим кроком для моніторингу екологічного стану водних ресурсів. Використання індексів забруднення та коефіцієнта забрудненості дозволяє не тільки оцінити рівень забруднення, але й спрогнозувати наслідки для екосистеми та здоров'я населення. Це є основою для розробки заходів, спрямованих на покращення якості води та збереження екологічної рівноваги. Високий вміст завислих речовин (520–3230 мг/дм³) та хімічного споживання кисню (ХСК 320–700 мг/дм³) свідчить про значне антропогенне забруднення, що може призвести до дефіциту кисню для водних організмів і погіршення екологічної ситуації.

СПТСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амоній у воді. URL: <http://surl.li/duurz> (дата звернення: 23.10.2024).
2. Барбаш В. А. Потенціал не деревної рослинної сировини для виробництва паперу і картону. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. URL: http://www.nbu.gov.ua/Portal/natural/1glpdp/2011_37-1/37-1-60.pdf (дата звернення: 31.10.2024).
3. Визначення хімічних показників води. URL: <http://surl.li/sggy> (дата звернення: 22.10.2024).
4. Водний кодекс України. Відом. Верхов. Ради України. 1995. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 10.10.2024).
5. Гребенюк Т. В., Броницький В. О., Науменко Д. П. Математичне моделювання перенесення марганцю у водному середовищі на прикладі річок Хомора і Случ. Екологічні науки. 2018. № 22. С. 88-100.
6. Державні санітарні норми і правила ДСанПіН 2.2.4-171-10. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/> (дата звернення: 22.10.2024).
7. Екологічний паспорт Харківської області за 2023 рік
8. Жорстка вода та здоров'я. URL: <https://www.akvantis.com.ua/ua/stati-i-obzory/zhestkaya-voda-i-zdorove> (дата звернення: 22.10.2024).
9. Звіт про стан навколишнього природного середовища Харківської області
10. Лужна вода. URL: <http://surl.li/sghj> (дата звернення: 23.10.2024).
11. Лужна вода. URL: <https://cutt.ly/Jvib3FP> (дата звернення: 23.10.2024).
12. Науменко Д. П., Гребенюк Т. В. Impact of the pulp and paper industry on the quality of water bodies in Ukraine. Science and technology of the XXI century: наук.-практ. конф., м. Київ, 29 листопада 2018 р. Київ, 2018. С. 23–25.

13. Науменко Д. П., Гребенюк Т. В. Аналіз впливу целюлозно-паперової промисловості на стан водних об'єктів України. Енергетика. Екологія. Людина: наук.-практ. конф., Київ, 25 квітня 2018 р. Київ, 2018. С. 103–106.
14. Нітрати у воді. URL: <http://surl.li/duurt> (дата звернення: 23.10.2024).
15. Нітрити у воді. URL: <http://surl.li/dtioq> (дата звернення: 23.10.2024).
16. Призначення промислового знезалізувача Multifilters MF-325-AIR. URL: <https://multifilters.pl> (дата звернення: 20.10.2024).
17. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.
18. Твердість води. URL: <https://cutt.ly/DviaImx> (дата звернення: 23.10.2024).
19. Уда (річка). Вікіпедія : веб-сайт. URL: <https://cutt.ly/Pv3Phrh> (дата звернення: 10.10.2024).
20. Фільтр для видалення заліза і марганцю ECOSOFT FPB 1665 СТ. URL: <https://ziko.com.ua> (дата звернення: 19.10.2024).
21. Хлориди у воді. URL: <http://surl.li/dtioo> (дата звернення: 23.10.2024).
22. Юрасов С. М. Методи оцінки якості природних вод. Одеса: ОДЕКУ, 2005. 86 с.

ДОДЛАТКИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології

Навчально-дослідна лабораторія аналітичних екологічних досліджень

ПРОТОКОЛ №2109-2111
дослідження води поверхневих водойм
 від 18 жовтня 2024 р.

Відібрав студент:	Олександр СЕВЕРІН
Місце відбору проби:	м. Зміїв р. Сіверський Донець
	Проба 1. Вище по течії
	Проба 2. Біля Паперової фабрики
	Проба 3. Нижче по течії

Дата відбору проби 10.10.2024р.

Назва речовини	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Одиниці вимірювання
рН	7,896	7,936	7,983	-
Аміак	0,04	0,04	0,04	мг/дм ³
Запах	0	0	0	-
Прозорість	30	30	30	см
Нітрити	0,004	0,004	0,002	мг/дм ³
Нітрати	0	0	0	мг/дм ³
Хлориди	376	368	360	мг/дм ³
Лужність	6,3	7,6	6,3	ммоль/дм ³
Жорсткість	6,4	8,6	7,8	ммоль/дм ³
Залізо	0	0	0	мг/дм ³
Цинк	0,0283	0,0396	0,0276	мг/дм ³
Мідь	0	0,0001	0,0002	мг/дм ³
Марганець	0	0	0	мг/дм ³
Кадмій	0,001	0,001	0,001	мг/дм ³
Хром	0,001	0,001	0,001	мг/дм ³

Завідувачка лабораторії

Анна ЛИПЧАНСЬКА