

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕ-61
спеціальності : 101 «Екологія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / Олег ІСАКІЄВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / проф. Олег ТРЕТЬЯКОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Марина ЩОКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Харків – 2024 рік

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

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“ 5 ” травня 2024 року

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

Олегу ІСАКІЄВУ

(прізвище, ім'я)

1. Тема роботи Екологічна оцінка та прогнозування якості поверхневих вод
р. Південний Буг

керівник роботи Алла НЕКОС, д-р геогр. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом роботи _____ 27.11.2024 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Опрацювати наукову літературу, довідкові видання, картографічну інформацію щодо поточного екологічного стану вод Південного Бугу, визначивши основні показники якості.
2. Вивчення методів оцінки екологічного стану поверхневих вод.

3. Визначення та аналіз екологічного стану поверхневих вод р. Південний Буг.
4. Розробити модель прогнозування змін якості води на основі статистичних даних.
5. Визначення величини екологічного індексу забруднення води за постами контролю р. Південний Буг
6. Запропонувати заходи з покращення якості води та зниження рівня антропогенного навантаження на водну екосистему річки.
7. Зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літератури з проблеми дослідження
2	Пошук, вибір, обґрунтування методик екологічного оцінювання стану водних об'єктів
3	Оброблення і аналізування результатів проведених досліджень
4	Формулювання головних висновків кваліфікаційної роботи.
5	Оформлення переліку використаної літератури

5. Дата видачі завдання 12.06. 2024 р.

Студент

підпис

Олег ІСАКІЄВ

ім'я, прізвище

Керівник роботи

підпис

зав.каф., проф. Алла НЕКОС

посада, ім'я, прізвище

АНОТАЦІЯ

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

Олег ІСАКІЄВ

Кваліфікаційна робота «Екологічна оцінка та прогнозування якості поверхневих вод р. Південний Буг» містить 41 сторінки, 4 розділи, 3 таблиці, 5 рисунків, 11 формул, 25 використаних джерела.

Мета роботи. Проведення екологічної оцінки якості поверхневих вод річки Південний Буг та прогнозування її змін під впливом природних і антропогенних факторів.

Об'єкт дослідження. Поверхневі води річки Південний Буг.

Предмет дослідження. Якість води в річці Південний Буг (концентрації забруднювальних речовин), динаміка їх змін.

Актуальність дослідження. Річка Південний Буг є однією з найбільших водних артерій України, що відіграє значну роль у забезпеченні питною водою та водними ресурсами населення і промисловості. Зростання антропогенного навантаження негативно впливає на якість води в річці. Актуальність роботи зумовлена потребою у всебічному дослідженні екологічного стану річки для забезпечення стійкого розвитку екосистеми та мінімізації негативного впливу на здоров'я населення.

Завдання роботи – це вивчення екологічного стану річки Південний Буг, аналіз існуючих підходів до його оцінки, а також розрахунок індексу забрудненості води.

Методи. Використані методи аналізу й синтезу, описові підходи, статистика та комплексна методика визначення рівня забруднення води.

Результати. Проведено інтегральну оцінку екологічного стану водойми шляхом обчислення комплексного індексу забруднення води для кожного спостережного пункту на досліджуваній території.

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДОЙМ, ГРАНИЧНО ДОПУСТИМА
КОНЦЕНТРАЦІЯ, ІНДЕКС ВОДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

ANNOTATION

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND FORECASTING OF SURFACE
WATER QUALITY OF THE SOUTHERN BUG RIVER

Oleg ISAKIEV

The qualification work "Ecological assessment and forecasting of surface water quality of the Southern Bug River" contains 41 pages, 4 chapters, 3 tables, 5 figures, 11 formulas, 25 used sources.

The purpose of the work. Conducting an ecological assessment of the surface water quality of the Southern Bug River and forecasting its changes under the influence of natural and anthropogenic factors.

Object of research. Surface waters of the South Bug River.

Subject of research. Water quality in the South Bug River (concentrations of pollutants), dynamics of their changes.

Relevance of the research. The Southern Bug River is one of the largest water arteries of Ukraine, which plays a significant role in providing drinking water and water resources to the population and industry. The increase in anthropogenic load has a negative effect on the quality of water in the river. The urgency of the work is determined by the need for a comprehensive study of the ecological state of the river to ensure sustainable development of the ecosystem and minimize the negative impact on the health of the population.

The tasks of the research aimed to examine the ecological condition of the Pivdenny Bug River, explore evaluation methodologies, and determine the water pollution index.

Methods. The study employed approaches such as analysis, synthesis, descriptive techniques, mathematical statistics, and an integrated methodology for assessing water pollution levels.

The results. An integrated assessment of the ecological condition of the water body was conducted by calculating the comprehensive water pollution index for each observation site along the river.

ECOLOGICAL CONDITION OF THE WATER BODY, MAXIMUM ALLOWABLE CONCENTRATION, WATER CONTAMINATION INDEX.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.....	10
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.....	16
2.1. Підходи до аналізу властивостей води.....	16
2.2. Алгоритм розрахунку інтегрального показника забрудненості води.....	17
РОЗДІЛ 3 ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗУВАННЯ, ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ.....	20
3.1. Еколого-географічна характеристика р. Південний Буг	20
3.2. Результати дослідження індексу забруднення води р. Південний Буг та прогнозування основних показників якості води.....	22
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ.....	35
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Забезпечення належної якості води є одним із найважливіших завдань сучасної екологічної політики, особливо в умовах зростаючого антропогенного навантаження на водні ресурси. Водні екосистеми, такі як річка Південний Буг, забезпечують життєдіяльність біорізноманіття, сприяють розвитку промисловості, сільського господарства та є важливим джерелом питної води для населення. Однак, інтенсивний розвиток промислових і сільськогосподарських підприємств, а також відсутність ефективних механізмів для контролю та очищення стічних вод призводять до значного забруднення поверхневих вод, що загрожує стійкості екосистем і здоров'ю людей.

Річка Південний Буг, що є третьою за довжиною річкою в Україні, охоплює значні території в центральній і південній частинах країни. Її води піддаються впливу різних видів забруднення, зокрема промислових та сільськогосподарських стоків, які спричиняють накопичення важких металів, пестицидів, органічних і хімічних сполук. Це, у свою чергу, знижує якість води, змінює природний баланс екосистеми і може призводити до погіршення умов існування флори та фауни. Забезпечення високої якості водних ресурсів є одним із ключових напрямів екологічної політики України та багатьох інших країн світу. Річки виконують важливу функцію в підтримці екологічної рівноваги: вони збагачують природні ландшафти, сприяють збереженню біорізноманіття та забезпечують водопостачання для населення і промислово-господарських потреб. Однак антропогенний вплив, включаючи інтенсивну аграрну діяльність, промислове виробництво та побутові відходи, істотно погіршує екологічний стан водних систем. Це знижує якість води, скорочує чисельність і видове різноманіття живих організмів, що може викликати дисбаланс природних процесів і навіть деградацію водойм.

Методології оцінки стану поверхневих вод постійно вдосконалюються, враховуючи сучасні екологічні виклики та потребу в охороні навколишнього

середовища. Сьогодні науковці застосовують різноманітні підходи, такі як фізико-хімічний аналіз, біоіндикацію, індексні оцінки та використання геоінформаційних систем. Кожен із цих методів має свої сильні сторони та недоліки, але їхнє комплексне застосування дає змогу отримати більш точну та повну характеристику екологічного стану річкових систем.

У контексті зростаючого антропогенного тиску все більшої актуальності набуває моніторинг та управління якістю водних ресурсів у басейні річки Південний Буг. Вирішення цієї проблеми є надзвичайно важливим, оскільки погіршення стану річки може призвести до незворотних процесів деградації водної екосистеми, зниження якості води та втрати біологічного різноманіття. У свою чергу, результати оцінювання стану водних ресурсів басейну Південного Бугу можуть стати основою для розробки стратегії сталого використання водних ресурсів регіону.

Актуальність цього дослідження зумовлена необхідністю всебічного вивчення сучасного стану річки Південний Буг та прогнозування можливих змін якості її вод. Систематичний екологічний моніторинг та оцінка забруднення водних ресурсів дозволяють не лише оцінити теперішній стан екосистеми, але й передбачити тенденції у її розвитку, що є важливим для розробки ефективних заходів із захисту водного середовища. В умовах змін клімату та підвищеного антропогенного навантаження ця тема стає надзвичайно важливою для забезпечення сталого розвитку водних ресурсів.

Мета дослідження – проведення екологічної оцінки якості поверхневих вод річки Південний Буг та прогнозування її змін під впливом природних і антропогенних факторів.

Завдання.

1. Зробити літературний огляд питання щодо оцінки екологічного стану поверхневих вод, визначивши основні показники якості води.
2. Вивчення методів оцінки екологічного стану поверхневих вод.

3. Дослідити динаміку показників екологічного стану р. Південний Буг у пунктах контролю.

4. Визначити величину екологічного індексу забруднення води за постами контролю р. Південний Буг.

5. Розробити модель прогнозування змін якості води на основі статистичних даних.

6. Розробити рекомендації на основі результатів дослідження.

Об'єкт дослідження – поверхневі води річки Південний Буг.

Предмет дослідження – екологічний стан вод річки Південний Буг.

Методи дослідження – аналіз, синтез, опис, методи математичної статистики, методи оцінки екологічного стану поверхневих водних об'єктів.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Україна багата на водні ресурси, серед яких річки, озера, ставки та водосховища відіграють ключову роль у забезпеченні екологічного балансу, економічного розвитку та соціальних потреб. Проте, протягом останніх десятиліть, стан поверхневих вод України суттєво погіршився через низку екологічних проблем та значний антропогенний вплив. Основними джерелами забруднення є сільськогосподарська, промислова діяльність і неефективне управління водними ресурсами. Сільське господарство є одним із найвагоміших джерел забруднення поверхневих вод. Використання добрив, пестицидів та гербіцидів призводить до значного надходження азоту, фосфору та токсичних хімікатів у водні об'єкти. Ці речовини спричиняють евтрофікацію водойм – процес, при якому надлишковий ріст водоростей і зменшення концентрації кисню у воді створюють несприятливі умови для водних екосистем. Забруднені сільськогосподарськими стоками річки та озера часто втрачають свою природну здатність до самоочищення, що призводить до поступової деградації екосистем. Індустріальне забруднення також значно впливає на якість водних ресурсів. Промислові підприємства, зокрема металургійні, хімічні та енергетичні комплекси, здійснюють скиди неочищених або недостатньо очищених стоків, які містять важкі метали, нафтопродукти, феноли та інші токсичні речовини. Високі концентрації цих забруднювачів створюють токсичне середовище для водних організмів, знижують якість води і можуть становити серйозну загрозу для здоров'я населення. Ще однією значною проблемою є побутове забруднення. Багато населених пунктів не мають сучасних очисних споруд, що призводить до потрапляння у водні об'єкти органічних забруднювачів, залишків побутової хімії, мікропластику та інших небезпечних речовин. Внаслідок цього зростає

навантаження на водні екосистеми, що призводить до зниження їхньої здатності підтримувати природні процеси та біорізноманіття.

Крім того, зміна клімату посилює існуючі проблеми забруднення. Зменшення обсягів опадів, підвищення температури повітря та часті посухи знижують рівень води у річках і водосховищах, що концентрує забруднювачі та ускладнює процеси природного очищення. Особливо вразливими є малі річки, які в умовах дефіциту води швидко деградують та втрачають екологічну значущість. Усі ці фактори свідчать про необхідність ефективного управління водними ресурсами та боротьби з забрудненням. На законодавчому рівні Україна впроваджує європейські стандарти, зокрема положення Водної рамкової директиви ЄС, що базуються на принципі управління водними ресурсами за басейновим принципом. Проте для досягнення реальних змін потрібні значні інвестиції в модернізацію очисних споруд, запровадження технологій зменшення викидів у промисловості та підвищення екологічної свідомості населення. Забезпечення чистоти поверхневих вод України є одним із ключових викликів сучасності, адже від їхнього стану залежить як екологічна рівновага, так і якість життя населення. Лише комплексний підхід, що об'єднує наукові дослідження, ефективне законодавство та активну участь громадськості, може забезпечити відновлення та збереження водних ресурсів для майбутніх поколінь.

Оцінка екологічного стану поверхневих вод є одним з основних напрямків сучасної екології та гідробіології. Із зростанням антропогенного навантаження на природні водні ресурси, наукова спільнота постійно вдосконалює методи моніторингу та оцінки стану водних екосистем. Згідно з дослідженнями різних авторів (зокрема, [1]), комплексний підхід до оцінки водних ресурсів повинен охоплювати як фізико-хімічні, так і біологічні показники, що дозволяє виявити як загальний рівень забруднення, так і його вплив на біорізноманіття.

Фізико-хімічні показники, такі як вміст розчиненого кисню, рН, біохімічне споживання кисню (БСК), концентрації нітратів, фосфатів, важких

металів, є загальновизнаними індикаторами, які відображають ступінь забруднення води. Використання таких індексів, як індекс якості води (WQI), гранично допустимі концентрації (ГДК) та біологічні критерії (біоіндикатори), є основою для стандартизації підходів до екологічної оцінки вод (за методиками [2]).

Методи оцінки якості води поділяються на лабораторні дослідження проб, математичні моделі та індексні методи. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження. Наприклад, індексні методи, такі як індекс екологічного стану (EPI) та індекс сапробності, надають можливість швидко оцінити стан екосистеми за сукупністю кількох показників. На думку [3], використання індексів дозволяє стандартизувати дані та порівнювати стан вод різних водойм, а також ефективно проводити моніторинг в умовах обмежених ресурсів. Біологічні методи, зокрема використання біоіндикаторів, таких як фітопланктон і зоопланктон, є важливими для оцінки тривалого впливу забруднень на водні екосистеми. За результатами досліджень [4], ці методи дозволяють отримати детальну інформацію про зміни в біологічних спільнотах, які викликаються як фізико-хімічними змінами, так і токсичними забруднювачами.

Останнім часом набувають поширення методи дистанційного зондування та геоінформаційних систем (ГІС), що дозволяють проводити моніторинг великих водних масивів та територій (наприклад, [5]). ГІС-технології допомагають візуалізувати просторовий розподіл забруднень та створювати карти екологічного стану поверхневих вод. Це значно підвищує ефективність екологічного контролю і дозволяє приймати обґрунтовані рішення з управління водними ресурсами.

Згідно з дослідженнями [6], основними джерелами забруднення поверхневих вод є промислові та сільськогосподарські стоки, стічні води населених пунктів, а також інші антропогенні фактори. Промислові забруднювачі, такі як важкі метали (свинець, кадмій, ртуть), токсичні органічні сполуки, зокрема пестициди, забруднюють воду та накопичуються в

організмах живих істот, завдаючи шкоди як біорізноманіттю, так і здоров'ю людини.

Прогнозування змін екологічного стану поверхневих вод є важливим аспектом досліджень, оскільки воно дозволяє передбачити вплив антропогенних та природних факторів на водні ресурси. За даними [7], використання математичних моделей є ефективним методом прогнозування, оскільки моделі враховують низку параметрів, включаючи рівень забруднення, швидкість самоочищення водойм, кліматичні та сезонні чинники.

На сьогоднішній день не існує універсального методу, який би дозволяв всебічно оцінити якість водних ресурсів, рівень їхнього забруднення чи відповідність води нормативним вимогам. Існує безліч методів і підходів, які базуються на перетворенні кількісних параметрів у якісні індекси, що відображають екологічний стан. Сучасні підходи сприяють розробці авторських методик, які можна класифікувати за напрямками досліджень водного середовища (гідрохімія, гідрологія, санітарно-гігієнічні, мікробіологічні, гідроекологічні тощо) і за типами водокористування: питне водопостачання, зрошення, рибне господарство, рекреація тощо [8–10].

Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики" [11] є ключовим документом, який значною мірою впливає на формування водної політики як у країнах ЄС, так і в Україні, де відбувається гармонізація законодавства з європейськими стандартами. Вона передбачає інтегрований підхід до управління водними ресурсами за басейновим принципом, що дозволяє здійснювати ефективний моніторинг та контроль якості вод. Впровадження положень директиви у правове поле України сприяє вдосконаленню управлінських систем у сфері водокористування, підвищуючи якість водних ресурсів, особливо в регіонах із серйозними екологічними проблемами. Це є важливим етапом інтеграції України до європейської

спільноти, оскільки адаптація до стандартів ЄС залишається важливою умовою соціально-економічного розвитку країни.

Закон України "Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України" на період до 2020 року (№ 2818-VI) та його оновлений варіант до 2030 року (№ 2697-19) [12, 13] є ключовими нормативними актами в екологічній сфері. Перший документ зосереджував увагу на інтеграції екологічних принципів у галузеві стратегії та забезпеченні екологічної безпеки. Удосконалений закон враховує нові виклики, такі як зміни клімату та сталий розвиток, і визначає конкретизовані цілі, що узгоджуються з європейськими підходами до екологічного управління. Обидва документи спрямовані на охорону природних ресурсів, зокрема водних, а також на адаптацію до сучасних екологічних викликів.

Дослідження якості води підземних джерел у Вінницькій області [14] виявило значне забруднення, що вимагає вдосконалення технологій очищення. В інших дослідженнях [15] оцінюється стан малих річок басейну Західного Бугу із застосуванням сучасних методів моніторингу, що дозволило виявити негативні тенденції та надати рекомендації щодо зменшення антропогенного впливу. Ці результати є цінними для створення регіональних стратегій охорони водних ресурсів.

Геохімічні дослідження, описані у [16], забезпечують дані про природні процеси в ландшафтах та вплив діяльності людини на їхній стан. Інструменти автоматизації розрахунку індексів забруднення [17] сприяють оперативному виявленню екологічних загроз у містах. У [18] запропоновано інноваційний метод, що використовує штучні нейронні мережі для аналізу стану водних об'єктів, досягаючи точності 97,6%.

Дослідження, що аналізують екологічний стан річок Європи [19, 20], підкреслюють важливість використання біоіндикаторів, таких як макрозообентос, для оцінки впливу антропогенних факторів. Методи на основі ДНК-ідентифікації [21, 22] відкривають нові можливості для моніторингу біорізноманіття водних екосистем.

Огляд методів [23, 24] показує важливість комбінованого підходу, що включає біологічні, хімічні та геоінформаційні технології. Це дозволяє створити більш ефективну систему управління водними ресурсами, адаптовану до положень Водної рамкової директиви ЄС.

Для оцінки стану річки Південний Буг доцільно застосувати комплексний підхід, що включає гідрохімічні, біоіндикаційні та індексні методи. Така методологія дозволяє отримати повну характеристику екологічного стану річки, порівняти результати з нормативами та розробити стратегії зменшення негативного впливу на водні ресурси.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

2.1. Підходи до аналізу властивостей води

Хімічний аналіз поверхневих вод є фундаментальним компонентом екологічного моніторингу, що надає детальну інформацію про концентрацію забруднювачів, стан водних ресурсів і можливі джерела забруднення. Завдяки цьому методу можна оцінити вплив антропогенної діяльності на водні об'єкти та прогнозувати зміни у водних екосистемах. У дослідженнях застосовуються як класичні підходи, такі як титрування, так і сучасні методи, включаючи спектрофотометрію, хроматографію та автоматизовані системи моніторингу.

Традиційні методи титрування базуються на реакції між визначуваною речовиною і реагентом із відомою концентрацією. Наприклад, ацидиметричне титрування використовується для оцінки загальної кислотності, яка є важливим показником впливу кислотних дощів і промислових викидів на водні ресурси. Показник рН води, який впливає на розчинність і мобільність багатьох забруднювачів, також визначається за допомогою цього методу. Редокс-титрування є ключовим інструментом для оцінки біохімічної та хімічної потреби у кисні (БСК і ХСК), що характеризують рівень органічного забруднення та активність процесів розкладу органічних речовин у воді.

Спектрофотометрія, завдяки своїй точності та простоті, є одним із найчастіше використовуваних методів у хімічному аналізі. Її принцип ґрунтується на здатності речовин поглинати світло певної довжини хвилі. Ультрафіолетова спектрофотометрія дозволяє швидко аналізувати концентрації нітратів, фосфатів, сульфатів та органічних сполук, забезпечуючи оперативний моніторинг. Атомно-абсорбційна спектрофотометрія використовується для визначення мікроконцентрацій важких металів, таких як свинець, кадмій, цинк.

Хроматографія є незамінною для ідентифікації складних сумішей органічних і неорганічних речовин. Газова хроматографія з мас-спектрометрією дозволяє аналізувати леткі органічні речовини, пестициди та вуглеводні, тоді як рідинна хроматографія спеціалізується на дослідженні термічно нестабільних сполук, таких як феноли та органічні кислоти. Іонна хроматографія є важливою для визначення концентрацій аніонів і катіонів у воді, що дозволяє оцінити солоність води.

Електрохімічні методи, як-от іонометрія, застосовуються для вимірювання концентрацій ключових іонів (натрію, калію, кальцію), а вольтамперометрія є чутливим інструментом для визначення слідів важких металів. Автоматизовані системи моніторингу дозволяють здійснювати безперервний контроль складу води, що є особливо актуальним для оцінки рівня евтрофікації, викликаной надмірними викидами азоту та фосфору.

Загалом, застосування різних методик хімічного аналізу сприяє отриманню комплексної інформації про стан водних ресурсів, визначенню джерел забруднення та розробці заходів для їх збереження.

2.2. Алгоритм розрахунку інтегрального показника забрудненості води

Комплексний індекс забруднення води (ІЗВ) є інформативним показником, який узагальнює численні фізико-хімічні параметри води, зводячи їх до єдиного значення. Такий підхід полегшує аналіз змін якості води у різних регіонах або за різні періоди часу. ІЗВ дозволяє виявляти найбільш проблемні ділянки, які потребують першочергових заходів для очищення та захисту.

Розрахунок ІЗВ передбачає визначення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин (наприклад, важкі метали, пестициди, ХСК, БСК), їх співвідношення із гранично допустимими концентраціями (ГДК) та

врахування вагових коефіцієнтів, що відображають екологічну значущість певного показника.

Для визначення ІЗВ використовується формула:

$$ІЗВ = \frac{\sum(C_i/ГДК_i)}{N}, \quad (2.1)$$

де C_i – середньорічна концентрація і-ої речовини,

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація і-ої речовини,

N – кількість показників.

На основі розрахованого значення ІЗВ вода класифікується за якістю (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Класифікація води за величиною ІЗВ

Клас	Характеристика	Значення ІЗВ
1	Надзвичайно чиста	< 0,3
2	Чиста	0,3 – 1,0
3	Помірна забрудненість	1,0 – 2,5
4	Забруднена	2,5 – 4,0
5	Брудна	4,0 – 6,0
6	Дуже брудна	6,0 – 10,0
7	Надзвичайно брудна	> 10,0

Розрахунок ІЗВ дозволяє виявити критичні рівні забруднення, швидко реагувати на екологічні виклики та розробляти стратегії з управління водними ресурсами.

В якості норматива (ГДК) використовувалися нормативні значення показників, які відповідають нижній межі 3 класу якості води відповідно до ДСТУ 4808-2007 [25]. Загалом у ДСТУ 4808:2007 виділяють 4 класів якості води:

- 1 – бажана, відмінна якість води;
- 2 – прийнятна, добра якість води;
- 3 – прийнятна, задовільна якість води;
- 4 - посередня, небажана, обмежено придатна якість води.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА АНАЛІЗ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ

3.1. Еколого-географічна характеристика р. Південний Буг

Річка Південний Буг – одна з найбільших річок України і посідає третє місце за довжиною після Дніпра та Дністра. Вона відіграє важливу роль у забезпеченні водними ресурсами регіонів, підтриманні біорізноманіття та формуванні екологічного балансу.

Її басейн охоплює значну частину центральних і південних областей країни, відіграючи важливу роль у формуванні природного середовища, забезпеченні водними ресурсами населення, промисловості, сільського господарства та підтриманні біорізноманіття. Загальна довжина річки становить 806 км, а площа водозбірного басейну – 63 700 км². Південний Буг бере початок на Подільській височині, поблизу села Холодець Хмельницької області, і впадає в Бузький лиман Чорного моря.

Рельєф басейну річки характеризується чергуванням височин і низин, що зумовлює значну різноманітність гідрологічних умов. У верхній течії Південний Буг протікає через Подільську височину, де його русло звужується і утворює численні пороги, створюючи сприятливі умови для розвитку гідроенергетики. У середній течії, яка охоплює територію Вінницької та Кіровоградської областей, річка має більш спокійний характер, русло розширюється, а заплава використовується для сільськогосподарських потреб. Нижня течія річки, що охоплює Миколаївську область, характеризується рівнинним рельєфом із широкою заплавою та численними рукавами.

Кліматичні умови басейну Південного Бугу мають змішаний характер. У верхів'ях річки переважає помірно-континентальний клімат із середньорічною кількістю опадів 500–700 мм, тоді як у нижній течії спостерігається перехід до сухішого степового клімату із середньорічною кількістю опадів близько 400

мм. Температурний режим варіює залежно від сезону: середня температура січня становить $-5...-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а липня – $+20...+23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Така кліматична варіативність зумовлює нерівномірність водного стоку річки протягом року.

Гідрологічний режим Південного Бугу характеризується переважно сніговим і дощовим живленням. Весняна повінь є основним періодом підвищення рівня води, що супроводжується значним обсягом водного стоку. Влітку та восени, унаслідок низького рівня опадів і високих температур, спостерігається зменшення водності річки, що ускладнюється впливом антропогенного фактору. У нижній течії, де розташовано кілька водосховищ, гідрологічний режим частково регулюється, що впливає на природні процеси самоочищення та екосистемні функції річки.

Басейн Південного Бугу багатий на природні ресурси та відзначається високим рівнем біорізноманіття. У водах річки мешкає понад 40 видів риб, серед яких щука, лящ, судак, карась, окунь та інші. Уздовж берегів річки розташовані численні лісові масиви, луки та степові екосистеми, які є місцем проживання багатьох видів птахів, земноводних і ссавців. Однак природний баланс басейну порушується через активне антропогенне втручання. Основними джерелами забруднення є промислові стоки, сільськогосподарські відходи, забруднення з побутових каналізацій та техногенні аварії. Внаслідок цього в багатьох ділянках річки зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин, таких як важкі метали, нітрати, фосфати, органічні сполуки тощо.

Сільськогосподарська діяльність у басейні річки сприяє надходженню до води значних обсягів біогенних елементів, що провокують процеси евтрофікації, зокрема «цвітіння» води, зниження вмісту розчиненого кисню та погіршення стану водної флори і фауни. Інтенсивне використання водних ресурсів для зрошення, промислових і побутових потреб призводить до скорочення водності річки, зокрема в посушливі періоди.

Південний Буг є важливим джерелом водопостачання для населених пунктів, розташованих у його басейні, а також має рекреаційне значення.

Уздовж річки розташовані численні об'єкти культурної спадщини та природоохоронні території, серед яких Національний природний парк «Бузький Гард», що охороняє унікальні природні комплекси середнього перебігу річки. Таким чином, річка Південний Буг є надзвичайно важливим природним ресурсом України, що відіграє значну роль у збереженні біорізноманіття, забезпеченні водопостачання та формуванні стійкого природного середовища. Однак сучасний стан річки потребує особливої уваги, оскільки значний антропогенний вплив і кліматичні зміни ставлять під загрозу її екологічну стійкість, що зумовлює необхідність проведення комплексного моніторингу та розробки ефективних заходів із збереження екосистеми річки..

3.2. Результати дослідження індексу забруднення води

р. Південний Буг та прогнозування основних показників якості води

Держводагентство проводить державний моніторинг вод відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу вод, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758 [32]. Ним визначено перелік пунктів моніторингу, відповідальних виконавців, показники та періодичність вимірювань. Вихідними даними для дослідження є частина набору даних державного моніторингу поверхневих вод, що містить первинну інформацію (дані спостережень) державного моніторингу поверхневих вод для річки Південний Буг з 2011 по 20023 роки.

В межах України на р. Південний Буг розташовано 22 пости моніторингу (рис. 3.1, таблиця 3.1):

Таблиця 3.1

Пости контролю якості води р. Південний Буг

№	Назва посту	Ширина	Довгота
1	3	4	5
1	Річка Південний Буг, 773 км, смт. Чорний Острів, Мар'янівське вдсх.	49.508172	26.759347

Продовження таблиці 3.1

1	3	4	5
2	Річка Південний_Буг, 755 км, м. Хмельницький , Хмельницьке вдсх.	49.431794	26.978928
3	Річка Південний_Буг, 744 км, с. Копистин, нижче м.Хмельницький	49.396789	27.108108
4	Річка Південний_Буг, 711 км, смт. Меджибіж, Меджибіжське вдсх.	49.434092	27.412419
5	Річка Південний_Буг, 692 км, с. Щедрове, Щедрівське вдсх.	49.412119	27.629853
6	Річка Південний_Буг, 652 км, м. Хмільник, питний в/з, вище міста	49.556389	27.913056
7	Річка Південний_Буг, 607 км, с. Гущинці, нижче села , питний водозабір м.Калинівка	49.421111	28.382500
8	Річка Південний_Буг, 582 км, м. Вінниця, Сабарівське вдсх, питний в/з міста, вище міста	49.273056	28.471389
9	Річка Південний_Буг, 570 км, смт Сабарів, (Сутиське водосховище), 500 м нижче скиду ВОКВП ВКП "Вінницяводоканал"	49.190694	28.443417
10	Річка Південний_Буг, 537 км, смт. Сутиски, Сутиське вдсх., н/б'єф	49.036667	28.408889
11	Річка Південний_Буг, 413 км, с. Маньківка, вище села, питний в/з м.Ладизин	48.738889	29.089167
12	Річка Південний_Буг, 400 км, м. Ладизин, Ладизинське вдсх,	48.705000	29.231111
13	Річка Південний_Буг, 372 км, с. Глибочок, Глибочекське вдсх.	48.523889	29.391389
14	Річка Південний_Буг, 327 км, с. Ставки, кордон Вінницької та Кіровоградської обл.	48.372500	29.778889
15	Річка Південний_Буг, 316 км, м.Гайворон, Гайворонське вдсх.	48.328333	29.866944
16	Річка Південний_Буг, 237 км, питний водозабір смт Побузьке	48.139000	30.603000
17	Річка Південний_Буг, 206 км, м. Первомайськ, Первомайське вдсх.	48.038983	30.837531
18	Річка Південний_Буг, 153 км, с. Олексіївка, питний в/з м. Південно-Українськ	47.868789	31.119731
19	Річка Південний_Буг, 136 км, у межах с. Олександрівка , Олександрівське вдсх.	47.702700	31.254800
20	Річка Південний_Буг, 97 км, м. Вознесенськ, пит.в/з м. Вознесенськ, 2 км до в'їзду у м. Вознесенськ по трасі з м. Миколаїв	47.537856	31.377017
21	Річка Південний_Буг, 50 км, с. Ковалівка, Південно- Бузька ЗС	47.280344	31.778547
22	Річка Південний_Буг, 0,5 км, м. Миколаїв, Бузький лиман, тех. в/з Миколаївської ТЕЦ (ліва частина морського порту)	46.943619	31.989678

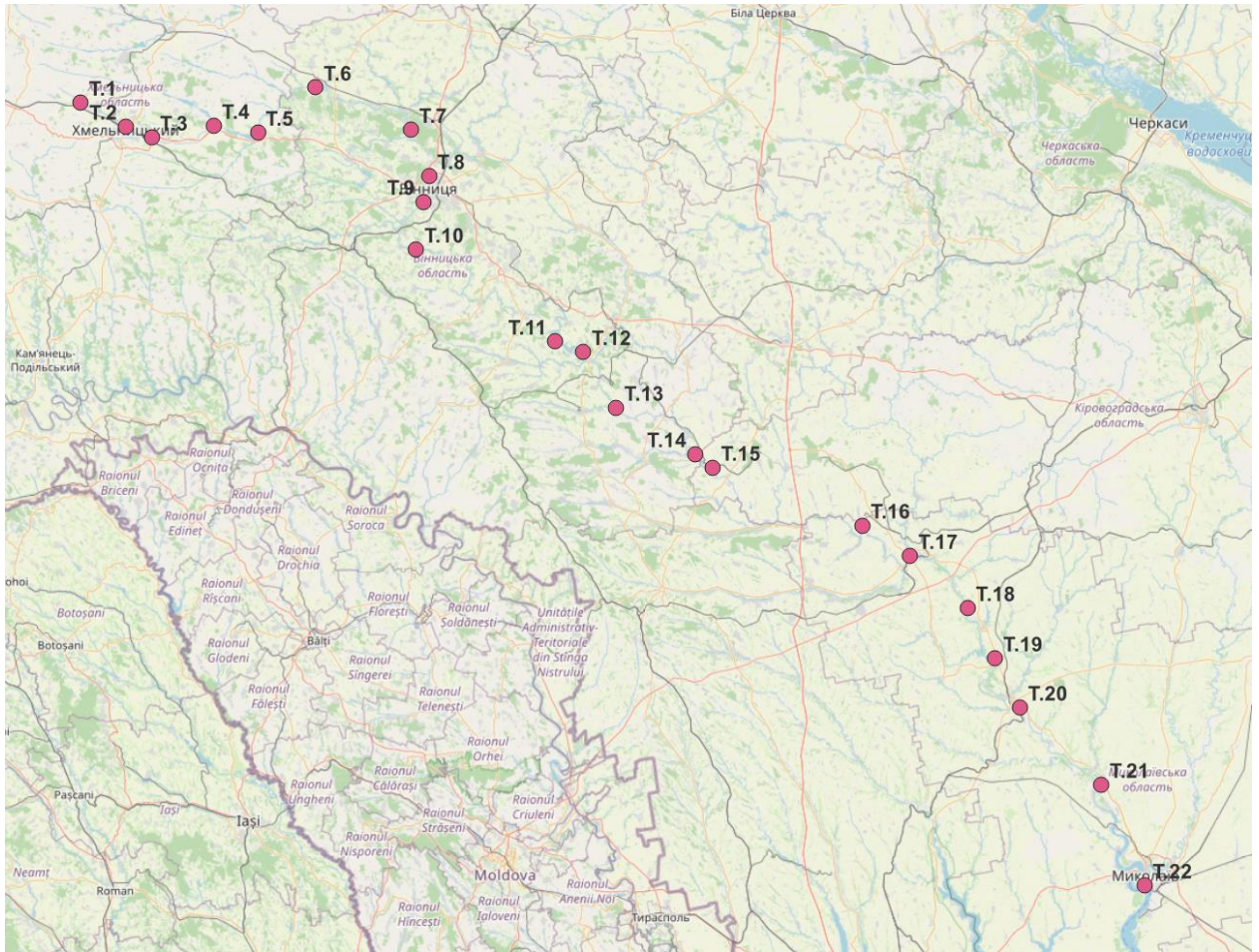


Рис. 3.1. – Схема розташування постів контролю якості води. (Карта: QGIS, OpenStreetMap)

Дані представлені в розрізі постів моніторингу й дат відбору проб.

Для оцінки тенденцій зміни екологічного стану аналізувалися дані багаторічних спостережень з 2011 року (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

Усереднені дані багаторічних спостережень за моніторинговими постами р. Південний Буг

№ посту	BSK5	Zavisli	Kisen	Sulfat	Hlorid	Amoniy	Nitrat	Nitrit	Fosfat	HSK
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5,13	16,83	6,76	34,04	26,78	0,97	4,41	0,49	0,30	14,00
2	4,63	19,09	8,87	30,90	27,29	0,83	3,44	0,49	0,21	12,74
3	8,77	24,51	5,51	36,74	46,79	9,18	6,39	1,78	1,68	21,15
4	6,07	32,49	7,54	35,53	38,32	6,57	7,18	1,11	2,18	17,15

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	4,94	22,78	9,42	27,47	28,54	1,14	4,22	0,24	0,56	14,24
6	5,33	10,51	8,99	31,28	29,45	0,48	3,12	0,16	0,39	29,98
7	5,30	10,96	8,53	33,35	29,42	0,42	2,95	0,09	0,34	30,89
8	5,36	10,74	8,92	34,51	30,34	0,43	2,67	0,10	0,31	30,92
9	6,25	10,22	8,47	42,85	40,28	1,00	5,82	0,51	0,48	33,70
10	5,20	10,94	8,07	34,29	30,01	0,53	3,95	0,17	0,35	28,55
11	4,59	8,66	8,87	33,53	32,22	0,34	2,57	0,11	0,29	26,31
12	5,42	8,64	8,21	33,84	30,18	0,30	3,13	0,10	0,30	29,37
13	4,94	9,05	8,58	32,69	31,34	0,25	3,22	0,08	0,34	28,20
14	4,61	9,03	8,22	36,05	35,99	0,31	3,14	0,08	0,35	25,14
15	3,83	8,14	8,89	35,11	35,47	0,27	3,76	0,29	0,34	22,73
16	3,02	14,80	12,15	48,30	46,10	0,18	3,22	0,04	0,30	23,70
17	2,62	10,47	11,86	50,53	37,61	0,06	3,73	0,06	0,27	22,77
18	2,05	9,25	10,98	77,76	44,56	0,06	4,01	0,04	0,34	23,60
19	2,20	8,05	10,70	84,80	45,19	0,07	3,86	0,04	0,34	22,47
20	1,79	7,95	11,36	109,92	54,91	0,06	3,89	0,04	0,35	24,39
21	1,90	10,12	7,59	111,64	58,99	0,05	1,64	0,04	0,48	26,02
22	3,71	45,30	12,98	466,01	2204,71	0,13	25,17	1,78	0,31	36,68

На рис. 3.2 показана динаміка індексу забруднення води за постами моніторингу по руслу річки південний Буг

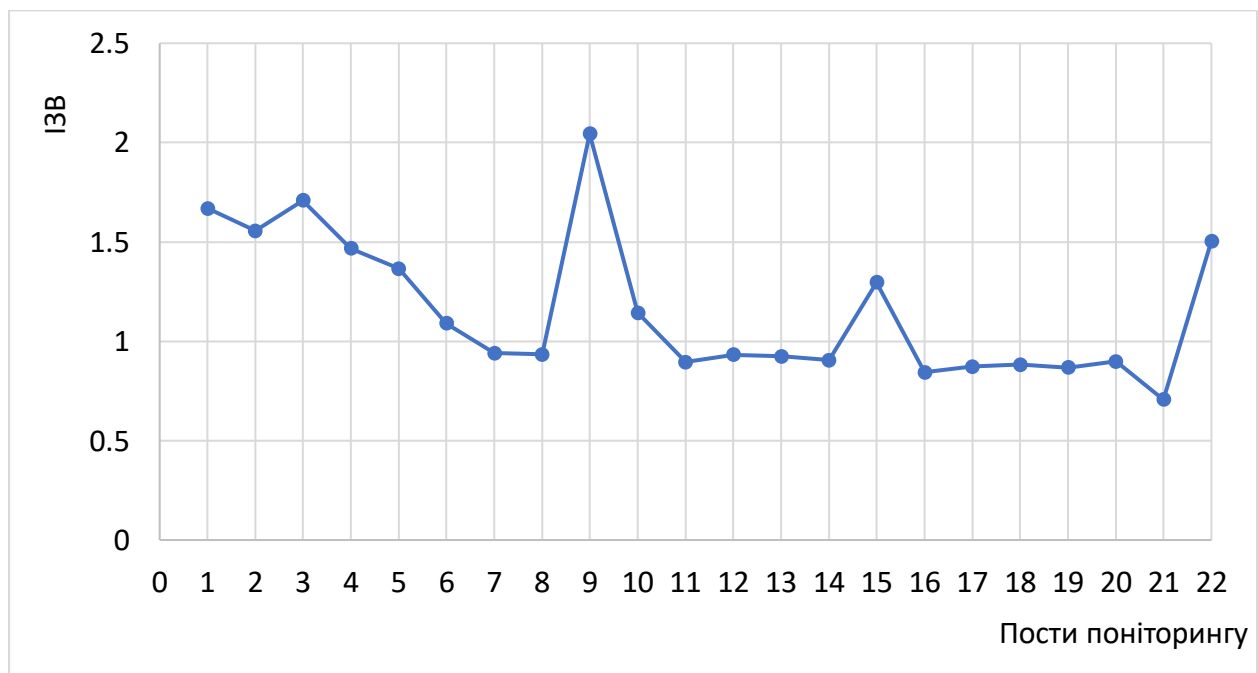


Рис. 3.2 – Динаміка індексу забруднення води за постами моніторингу по руслу річки південний Буг

Аналіз даних за ІЗВ на різних постах моніторингу вздовж річки Південний Буг показує наступну динаміку.

Верхів'я річки (пости 1–8). На початкових постах річки (Чорний Острів, Хмельницький, Копистин, Меджибіж, Щедрове) індекс забруднення води коливається в межах 1,3–1,7, що відповідає 3-му класу якості води — помірно забруднена. У районі поста 7 (Гущинці) та поста 8 (Вінниця, Сабарівське водосховище), ІЗВ знижується до 0,9, що відповідає 2-му класу якості води — чиста вода.

Центральна частина річки (пости 9–15). На пості 9 (Сабарів) спостерігається різке підвищення ІЗВ до 2,04. Це місце розташоване нижче скиду водоканалу, що вказує на суттєвий антропогенний вплив та підвищення забруднення. Клас якості на цьому посту — 3-й (помірно забруднена вода). Далі, на постах 10–15, ІЗВ знову знижується до значень 0,9–1,3, що відповідає 2-му та 3-му класам якості. Це свідчить про відносно низький рівень забруднення в цьому регіоні.

Нижня течія річки (пости 16–22). ІЗВ на постах 16–20 залишається на рівні 0,8–0,9, що відповідає 2-му класу якості води (чиста вода). На пості 21 (с. Ковалівка) ІЗВ знижується до 0,7 (чиста вода). На останньому пості 22 (м. Миколаїв, Бузький лиман) індекс забруднення знову зростає до 1,5, що відповідає 3-му класу якості (помірно забруднена вода). Це підвищення пов'язане з антропогенним впливом у районі великого промислового центру Миколаєва.

Забруднення води вздовж річки Південний Буг є нерівномірним і має тенденцію до підвищення поблизу великих міст і промислових зон, зокрема Хмельницького, Вінниці та Миколаєва. Найвищий рівень забруднення зафіксований у районі поста 9 (Сабарів), що обумовлено прямим впливом стічних вод водоканалу. Зниження ІЗВ у центральній та нижній течії річки свідчить про здатність водойми до самоочищення, а також про менший рівень антропогенного навантаження в деяких регіонах. Загалом, річка Південний Буг на більшості постів моніторингу має задовільну якість води (2-й і 3-й

класи), однак забруднення в окремих районах потребує додаткових заходів для покращення якості води та зниження впливу антропогенних факторів.

Розглянемо докладніше динаміку основних забруднювачів для точки 9 (сmt Сабарів, Сутиське водосховище, 500 м нижче скиду ВОКВП ВКП "Вінницяводоканал"), яка має найвищий ІЗВ та побудуємо для них відповідні прогнози рівняння.

На графіку (рис. 3.3) зображена динаміка основних показників забруднення води (органічні та поживні речовини) у точці 9. Зокрема, аналізуються концентрації біологічного споживання кисню протягом 5 діб (БСК5), нітратів, амонію, та фосфатів. Поліноміальні лінії тренда для кожного показника дозволяють визначити прогнозні зміни цих параметрів.

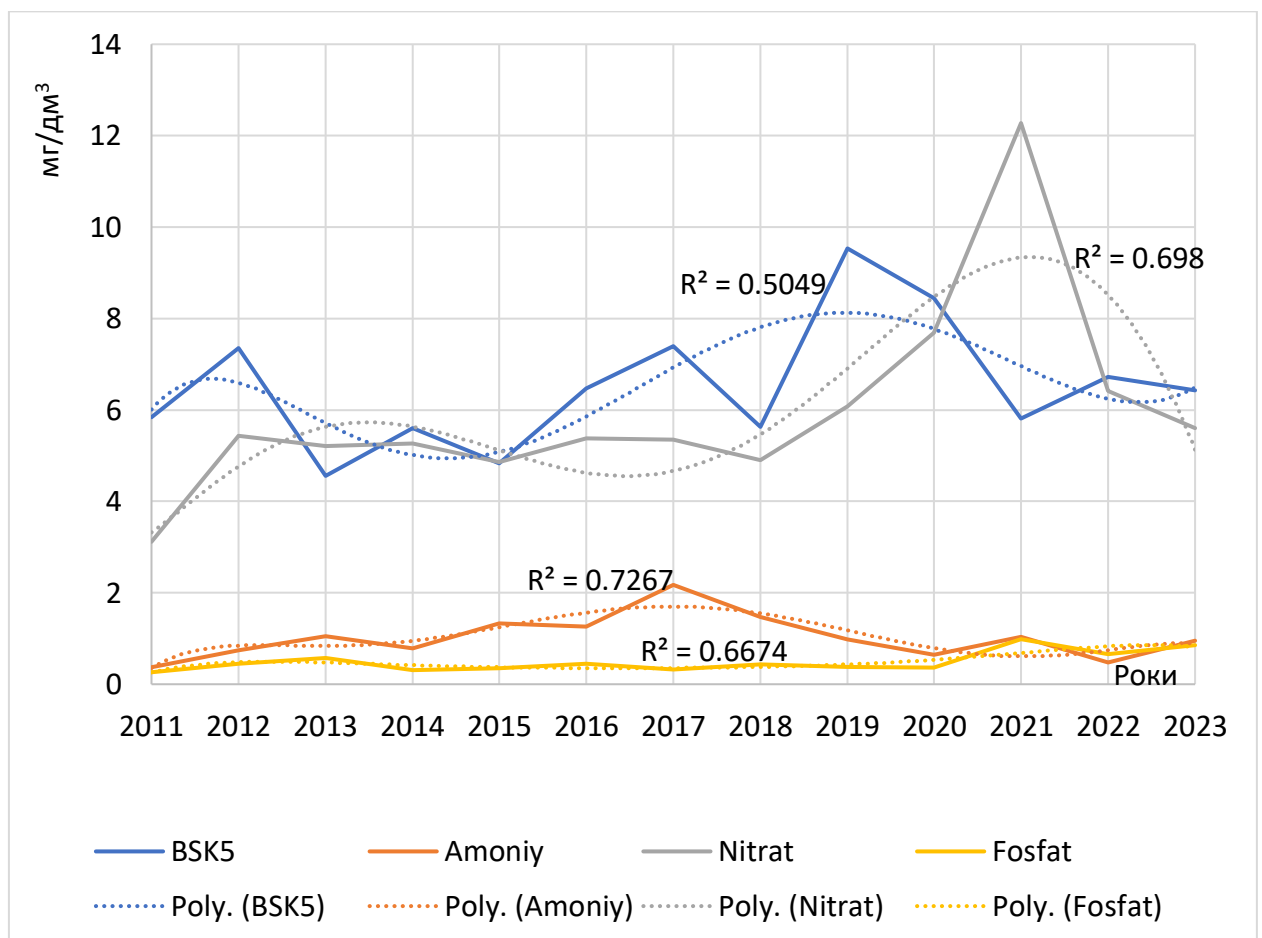


Рис. 3.3 – Динаміка органічних та поживних речовини річки південний Буг у точці 9 (Сабарів)

Біологічне споживання кисню (БСК5).: З 2011 по 2023 рік значення БСК5 коливалося в межах від 4 до 8 мг/дм³, з різким підвищенням у 2018–2019 роках, а також у 2022 році, що свідчить про погіршення якості води в ці роки.

Прогнозна модель побудована засобами MS Excel на основі числової реалізації методу найменших квадратів. Прогнозні моделі є поліномами степеня 6. Поліноміальна модель для БСК5 () описується рівнянням:

$$y = -9 \cdot 10^{-5} x^6 + 1.0319 x^5 - 5210.6 x^4 + 10^7 x^3 - 2 \cdot 10^{10} x^2 + 2 \cdot 10^{13} x - 6 \cdot 10^{15} \quad (3.1)$$

з коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0.5049$). Це значення (R^2) вказує на середній рівень відповідності тренду фактичним даним. Значення БСК5 має тенденцію до підвищення з періодичними коливаннями. Високі показники БСК5 свідчать про збільшення кількості органічних забрудників, що знижує якість води.

Концентрація нітратів залишається на рівні 4–6 мг/дм³ з незначними коливаннями. Максимальні значення спостерігаються у 2021 році. Прогнозне рівняння поліноміальної лінії тренда для нітратів має вигляд:

$$y = 0.0001 x^6 - 1.5079 x^5 + 7606.5 x^4 - 2 \cdot 10^7 x^3 + 3 \cdot 10^{10} x^2 - 2 \cdot 10^{13} x + 8 \cdot 10^{15} \quad (3.2)$$

з ($R^2 = 0.698$), що свідчить про досить високий рівень відповідності тренду фактичним даним. Показник нітратів загалом стабільний, але тренд показує тенденцію до зростання, що може бути обумовлено скидами стічних вод або використанням добрив у сільському господарстві.

Рівень амонію коливався в межах від 0,5 до 2 мг/дм³, із піковими значеннями у 2017 році. Після цього спостерігається поступове зниження. Прогнозне поліноміальне рівняння для амонію має вигляд:

$$y = -0.0001 x^6 + 1.3198 x^5 - 6655.6 x^4 + 2 \cdot 10^7 x^3 - 3 \cdot 10^{10} x^2 + 2 \cdot 10^{13} x - 7 \cdot 10^{15} \quad (3.3)$$

з коефіцієнтом ($R^2 = 0.7267$), що вказує на високу відповідність тренду фактичним даним. Концентрація амонію має тенденцію до зниження, але підвищені значення можуть свідчити про присутність неочищених або недостатньо очищених стічних вод.

Рівень фосфатів коливався в межах від 0,1 до 0,3 мг/дм³. Значення залишаються відносно стабільними з незначним зниженням останніми роками. Прогнозна поліноміальна модель для фосфатів має рівняння:

$$y = -2 \cdot 10^{-5} x^6 + 0.2512 x^5 - 1266.5 x^4 + 3 \cdot 10^6 x^3 - 5 \cdot 10^9 x^2 + 4 \cdot 10^{12} x - 1 \cdot 10^{15} \quad (3.4)$$

з коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0.6674$). Рівень фосфатів загалом стабільний, що може свідчити про контрольоване використання мийних засобів та добрив.

Аналіз свідчить про підвищений рівень забруднення органічними та поживними речовинами, особливо БСК5 і нітратами. Наявність високих значень амонію та нітратів може свідчити про скиди стічних вод. Поліноміальні тренди вказують на ймовірне зростання концентрацій нітратів та БСК5 у майбутньому, що підкреслює необхідність покращення заходів щодо очищення вод та зниження впливу стічних вод.

На графіку (рисю 3.4) представлено зміну концентрації мінерального складу та жорсткості води у період з 2011 по 2023 рік у точці 9 (Сабарів).

Концентрація сульфатів у воді зростала з 2011 до 2019 року, досягнувши пікового значення близько 55 мг/дм³, після чого спостерігається зниження. У 2023 році рівень сульфатів знову збільшився, але залишився в межах

нормативного значення (250 мг/дм³). Прогнозна поліноміальна лінія тренда для сульфатів має рівняння:

$$y = -0.0003x^6 + 3.9394x^5 - 19820x^4 + 5 \cdot 10^7x^3 - 8 \cdot 10^{10}x^2 + 6 \cdot 10^{13}x - 2 \cdot 10^{16} \quad (3.5)$$

з коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0.7802$), що свідчить про досить високу відповідність тренду фактичним даним. Незважаючи на періодичні коливання, загальний тренд демонструє помірне зростання концентрації сульфатів.

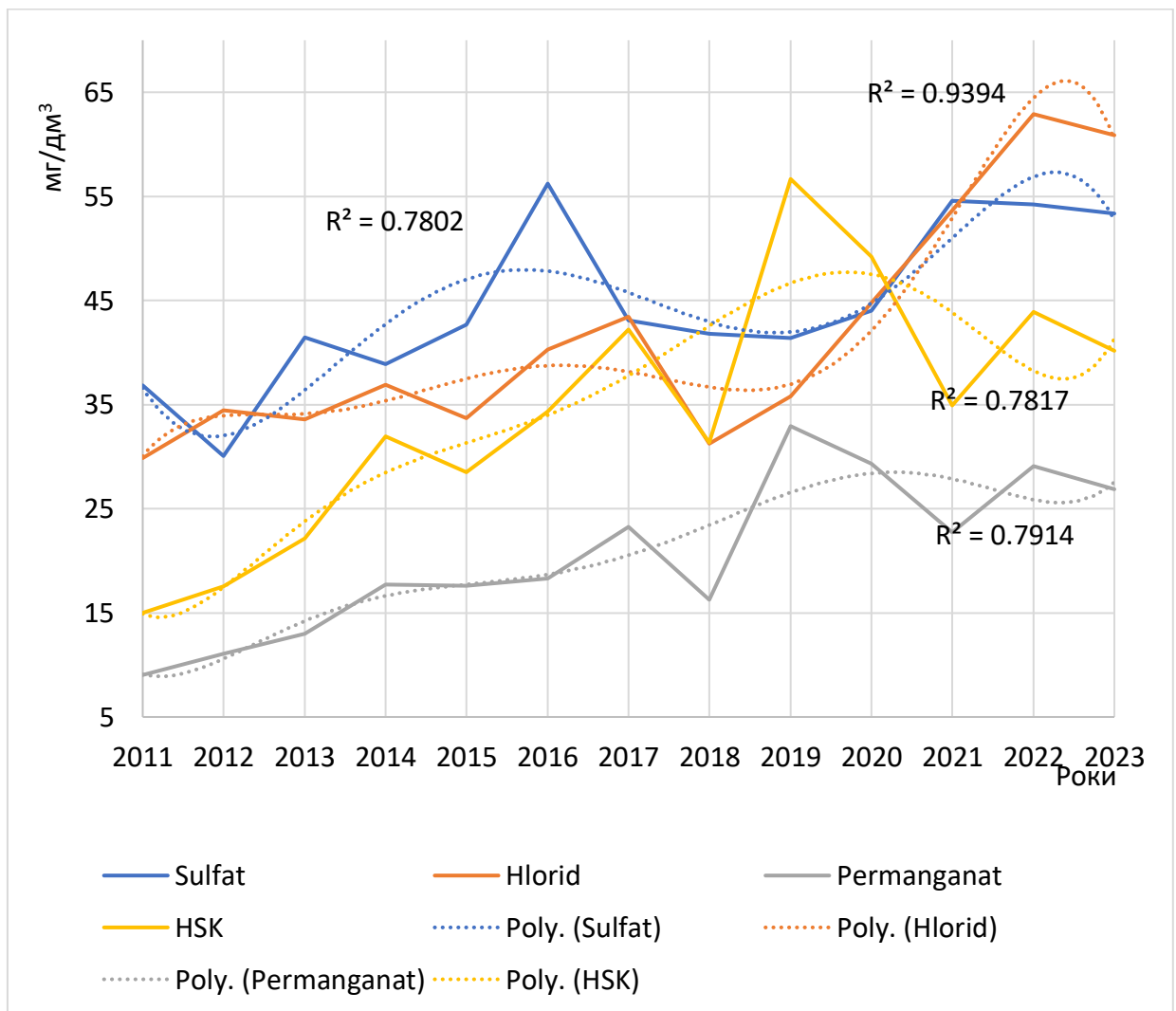


Рис. 3.4 – Динаміка мінерального складу та жорсткості води у точці 9 (Сабарів)

Хлориди також показують зростаючу тенденцію, особливо після 2018 року. Їх концентрація досягає максимального рівня (близько 45 мг/дм³) у 2023 році, але все ще відповідає нормативному значенню (250 мг/дм³). Прогнозна поліноміальна модель для хлоридів:

$$y = -0.0017 x^6 + 20.529 x^5 - 103489 x^4 + 3 \cdot 10^8 x^3 - 4 \cdot 10^{11} x^2 + 3 \cdot 10^{14} x - 1 \cdot 10^{17} \quad (3.6)$$

з ($R^2 = 0.9394$), що є високим показником відповідності. Загальний тренд свідчить про підвищення концентрації хлоридів, що може вказувати на вплив скидів або природне збагачення хлоридів у річці.

Показник перманганатної окислюваності коливається в межах 15–25 мг/дм³. Спостерігається поступове зростання, яке досягає максимуму в 2022 році, перевищуючи нормативне значення (15 мг/дм³). Прогнозне рівняння поліноміальної моделі для перманганатної окислюваності:

$$y = 0.0008 x^6 - 9.953 x^5 + 50183 x^4 - 1 \cdot 10^8 x^3 + 2 \cdot 10^{11} x^2 - 2 \cdot 10^{14} x + 6 \cdot 10^{16} \quad (3.7)$$

з ($R^2 = 0.7914$), що вказує на високу відповідність тренду. Високі значення перманганатної окислюваності можуть свідчити про підвищений рівень органічних забрудників у воді, які потребують окислення.

Жорсткість води зростала до 2020 року, досягаючи значення 40 мг/дм³, після чого зберігається на стабільному рівні. Нормативне значення для жорсткості також становить 40 мг/дм³. Прогнозна поліноміальна модель для жорсткості:

$$y = 0.0014 x^6 - 16.968 x^5 + 85547 x^4 - 2 \cdot 10^8 x^3 + 3 \cdot 10^{11} x^2 - 3 \cdot 10^{14} x + 9 \cdot 10^{16} \quad (3.8)$$

з ($R^2 = 0.7817$). Жорсткість залишається в межах допустимих значень, але з тенденцією до підвищення, що може бути наслідком високої концентрації кальцію і магнію у воді.

Загалом, показники сульфатів, хлоридів, перманганатної окислюваності та жорсткості води у точці 9 мають тенденцію до зростання, що може вказувати на антропогенний вплив. Зокрема, перманганатна окислюваність та жорсткість досягають нормативних меж, що може негативно вплинути на водокористування та екосистему.

Розглянемо динаміку концентрацій завислих речовин та розчиненого кисню (рис. 3.5). Оцінка цих параметрів важлива для розуміння фізичного стану води, її чистоти та придатності для водокористування та підтримання аквальних екосистем.

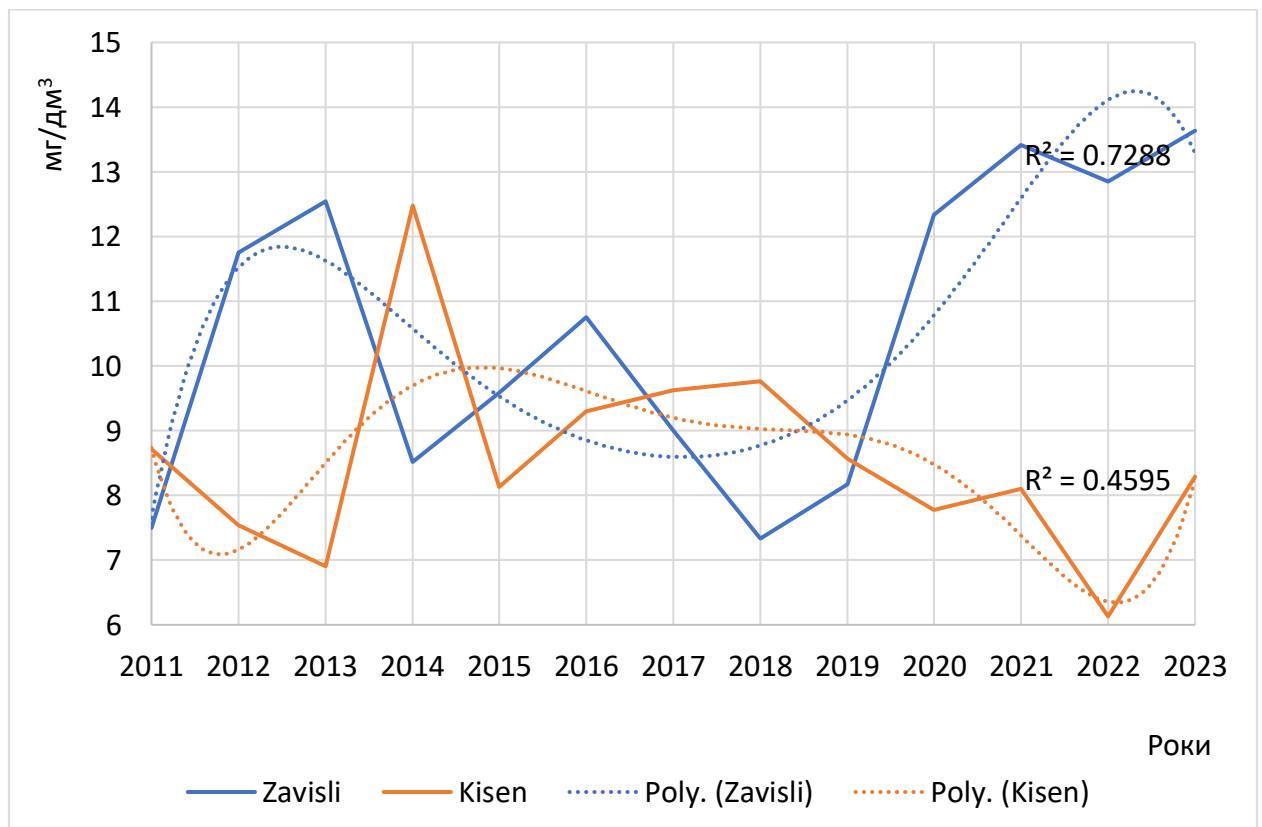


Рис. 3.5 – Динаміка завислих речовини і кисень у точці 9 (Сабарів)

Рівень завислих речовин коливався в межах від 20 до 50 мг/дм³ протягом 2011–2023 років, з помітним зростанням після 2018 року. Завислі речовини є показником наявності твердих часток у воді, які можуть бути результатом як природних процесів (ерозія берегів, зміни гідрологічних умов), так і антропогенних впливів (скиди стічних вод). Прогнозна поліноміальна лінія тренда для завислих речовин має вигляд:

$$y = -0.0002 x^6 + 2.988 x^5 - 15068 x^4 + 4 \cdot 10^7 x^3 - 6 \cdot 10^{10} x^2 + 5 \cdot 10^{13} x - 2 \cdot 10^{16} \quad (3.9)$$

з коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0.7288$), що свідчить про досить високу відповідність тренду фактичним даним. Тенденція до зростання концентрації завислих речовин у воді може бути індикатором підвищеного антропогенного впливу або змін у водозбірному басейні річки. Високий вміст завислих речовин може знижувати прозорість води та негативно впливати на якість середовища для водних організмів. Зростаюча тенденція вказує на можливе посилення забруднення води твердими частками, що може бути спричинено як природними, так і антропогенними процесами.

Концентрація розчиненого кисню коливалася у межах 5 мг/дм³, залишаючись близькою до нормативного значення. Однак спостерігаються незначні коливання, зокрема, зниження у певні роки, що може бути пов'язане з підвищенням біохімічного споживання кисню через органічне забруднення. Прогнозна поліноміальна модель для розчиненого кисню:

$$y = 0.0005 x^6 - 5.5677 x^5 + 28076 x^4 - 8 \cdot 10^7 x^3 + 1 \cdot 10^{11} x^2 - 9 \cdot 10^{13} x + 3 \cdot 10^{16} \quad (3.10)$$

з коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0.4595$), що свідчить про низьку відповідність тренду фактичним даним. Низьке значення (R^2) для

розчиненого кисню вказує на слабку кореляцію тренду з фактичними даними, що може бути результатом сезонних коливань і залежності від біохімічних процесів. Розчинений кисень є критичним параметром для життя водних організмів, і його коливання можуть бути наслідком органічного забруднення, яке збільшує споживання кисню. Коливання концентрації розчиненого кисню, особливо в напрямку зниження, негативно впливають на водні екосистеми. Показник кисню є важливим індикатором біологічного стану води.

Дані свідчать про зростання концентрації завислих речовин і деякі коливання у вмісті розчиненого кисню, що вимагає подальшого моніторингу та, можливо, застосування заходів для покращення якості води.

РОЗДІЛ 4.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ

Результати проведених досліджень можуть бути використані для вирішення низки практичних і наукових завдань, спрямованих на покращення якості води річки Південний Буг та раціональне управління її водними ресурсами.

Вдосконалення системи моніторингу якості води. Результати можуть бути інтегровані у програми екологічного моніторингу, що проводяться органами державного управління та місцевими громадами, Зокрема, Запровадження постійного моніторингу індексу забруднення води (ІЗВ) та ключових показників якості води (БСК5, нітрати, амоній, фосфати, хлориди тощо); використання поліноміальних трендів для прогнозування змін якості води у часі.

Розробка заходів щодо зменшення забруднення води. На основі даних про ділянки з найвищим рівнем забруднення (наприклад, район поста 9 — Сабарів) необхідно модернізувати існуючі очисні споруди, зокрема у Вінниці та Миколаєві. Розробка локальних програм зі зниження антропогенного навантаження на річку, зокрема шляхом обмеження скидів забруднених стоків, впровадження екологічно безпечних методів землеробства.

Підвищення ефективності управління водними ресурсами. Результати можна використати для розробки стратегічних планів управління басейном річки Південний Буг, відповідно до європейської Водної рамкової директиви, використання прогнозних моделей для оцінки впливу кліматичних змін та збільшення антропогенного навантаження на якість води.

Інформаційно-просвітницька діяльність. Результати досліджень можуть бути використані для підвищення обізнаності населення про проблеми забруднення води, зокрема, через публікації у відкритих джерелах та ЗМІ,

організацію семінарів та освітніх програм для громадян, фермерів та підприємців.

Результати можуть бути використані для подальших досліджень екологічного стану річкових систем, залучення студентів та аспірантів до роботи над темами, пов'язаними з якістю води, прогнозуванням та розробкою екологічних заходів. Використання результатів досліджень дозволить не лише оцінювати сучасний стан водних ресурсів, але й ефективно прогнозувати їхню якість. Це сприятиме раціональному використанню вод річки Південний Буг, забезпеченню їх екологічної стабільності та покращенню стану навколишнього середовища регіону.

ВИСНОВКИ

Якість води річки Південний Буг є нерівномірною вздовж її русла, що зумовлено як природними, так і антропогенними факторами. На окремих ділянках, особливо в межах великих міст та в місцях скидів стічних вод, спостерігаються підвищені рівні забруднення, що негативно впливає на екологічний стан води.

Відповідно до індексу забруднення води (ІЗВ), вода в деяких точках моніторингу класифікується як помірно забруднена, що потребує подальшого моніторингу та, за необхідності, впровадження заходів з очищення.

Динаміка таких показників, як біохімічне споживання кисню (БСК₅), нітрати, амоній і фосфати, свідчить про наявність органічного та поживного забруднення, що пов'язано зі скидами неочищених або недостатньо очищених стічних вод. Виявлені тенденції до зростання концентрації нітратів і амонію можуть негативно позначитися на якісних характеристиках води у майбутньому.

Показники мінерального складу (сульфати, хлориди) та жорсткість води мають тенденцію до поступового зростання, що свідчить про накопичення розчинених солей у воді. Підвищення жорсткості та зростання концентрації хлоридів і сульфатів може зумовити погіршення якості води для побутового та промислового використання.

Деякі показники, такі як перманганатна окислюваність, досягають або навіть перевищують нормативні значення, що є свідченням наявності у воді органічних та хімічних забрудників.

Концентрація завислих речовин має тенденцію до зростання, що може бути результатом як природних процесів, так і антропогенного впливу. Високий вміст завислих речовин знижує прозорість води та може негативно впливати на життєдіяльність водних організмів.

Рівень розчиненого кисню коливається і на деяких ділянках наближається до критичних значень, що може свідчити про збільшене

біохімічне споживання кисню через органічне забруднення. Зниження концентрації кисню у воді може спричинити несприятливі умови для водної фауни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безсонний В. Л. Ранжування екологічного стану поверхневих вод Дніпропетровської області за вдосконаленим показником якості. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, 2023. № 2–3 (491–492). С.146-152.
2. Andrusyak N. S. The method of complex estimation of the ecology state water recreational resources. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University*. – Series: Geography, 2011. Vol. 24 (63). ч 2, р. 2. Рр. 149-153.
3. Безсонний В. Л., Некос А. Н., Сапун А. В. Екологічна оцінка якості води Канівського водосховища. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2022. Вип. 38. С. 85–96.
4. Крайнюков О., Стріян К. Біоіндикаційні методи спостережень за станом навколишнього середовища. *Молодий вчений*, 2017, №12 (52), С.16-19
5. Ачасов А. Б., Селіверстов О. Ю., Кот А. Г., Клещ А. А., Мельник Д.О. До питання створення відкритої екологічної геоінформаційної системи. Людина та довкілля. Проблеми неоекології, 2022. Вип. 38. С. 97-106. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-09>
6. Третьяков О.В., Безсонний В.Л., Пономаренко Р.В., Бородич П.Ю. Підвищення ефективності прогнозування впливу техногенного забруднення на поверхневі водойми. *Проблеми надзвичайних ситуацій*, 2019. № 1(29). С.61–78.
7. Безсонний В. Л., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В. Засоби математичного прогнозування оцінки екологічного стану поверхневих водних об'єктів. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. Київ, 2022. № 5(44). С. 64–68.
8. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко та ін. Київ : Символ-Т, 1998. 28 с.
9. Вербецька К.Ю. Порівняльний аналіз методик оцінки якості поверхневих. Вісник Національного університету водного господарства та

природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки», 2011. Вип. 5 (11). С. 91–99.

10. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями: проект / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін.

URL: www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika_2012_14_0.doc

11. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23 жовтня 2000 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text (дата звернення 06.07.2021 р.).

12. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року : Закон України № 2818-VI від 21.12.10 р.

URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>.

13. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 16, ст.70). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>.

14. Шунков В. С., Єзловецька І. С. Оцінка якості води підземних джерел питного водопостачання Вінницької області. Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті, 2016. № 2 (19). С. 32-39.

URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/20792/1/VVT19_4Shunkov.

15. Яцик А. В., Яцик І. А., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Оцінка екологічного стану поверхневих вод малих річок басейну р. Західний Буг за рівнем забрудненості (на прикладі р. Гапа). Вісник аграрної науки, 2020, № 1 (802). С. 75-80. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-11>

16. Гуцуляк В. М. Геохімія ландшафту : навч. посібник. Чернівці: Рута, 2004. 83 с. URL: <http://194.44.152.155/elib/local/3750.pdf> .

17. Крижановський Є. М., Давидова І. В. Метод автоматизації розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста. Вісник ЖДТУ, 2013. № 4 (67). С. 65-69.

- URL: <http://kruzhan.vk.vntu.edu.ua/file/86d801e46e65022dbb98c9aa4b2947ba.pdf>.
18. Ocampo-Duque W., Schuhmacher M., Domingo J. L. A neural-fuzzy approach to classify the ecological status in surface waters. *Environmental Pollution*, 2007. 148(2). Pp. 634–641. doi:10.1016/j.envpol.2006.11.027
 19. Vitecek S., Johnson R., Poikane S.. Assessing the Ecological Status of European Rivers and Lakes Using Benthic Invertebrate Communities: A Practical Catalogue of Metrics and Methods. *Water*, 2021. 13. 346 p. <https://doi.org/10.3390/W13030346>.
 20. Szczerbińska N., and Gałczyńska M. Biological methods used to assess surface water quality. *Fisheries & Aquatic Life*. Sciendo, 2015. Vol. 23. No. 4. Pp. 185-196. URL: <https://doi.org/10.1515/aopf-2015-0021>
 21. Hering D., Borja A., Jones J. I., Pont D., Boets P., Bouchez A. Implementation options for DNA-based identification into ecological status assessment under the European Water Framework Directive. *Water Research*, 2018. 138. Pp. 192–205. doi:10.1016/j.watres.2018.03.003
 22. Sfriso A., Facca C., Bon D., Buosi A. Macrophytes and ecological status assessment in the Po delta transitional systems, Adriatic Sea (Italy). Application of Macrophyte Quality Index (MaQI).. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*, 2016. 52. Pp. 209-226.
 23. Birk S., Bonne W., Borja A., Brucet S., Courrat A., Poikane S. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 2012. 18. Pp. 31–41. doi:10.1016/j.ecolind.2011.10.009
 24. Borja A., Dauer D. M. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: Comparing methodologies and indices. *Ecological Indicators*, 2008. 8(4) Pp. 331–337. doi:10.1016/j.ecolind.2007.05.004
 25. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: 1.11.2024)