

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО

**Декан факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології**

_____ **Коломієць Ю.В.**
«___» _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри екології агросфери
екології агросфери та екологічного
контролю**

_____ **Наумовська О.І.**
«___» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Оцінка водного дефіциту для Київського водосховища за впливу
різних небезпек та загроз»**

Спеціальність 101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Доктор біологічних наук,
професор кафедри екології
агросфери та екологічного
контролю

(підпис)

Віталій ГАЙЧЕНКО

Керівник магістерської роботи

к. пед. наук, доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Віта СТРОКАЛЬ

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Олексій ДАВИДЕНКО

(ПІБ студента)

КИЇВ-2025

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Кафедра екології агросфери та екологічного контролю
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 101 «Екологія»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри екології агросфери та
екологічного контролю:**

Наумовська О.І.

“ _____ ” _____ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ
МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Давиденко Олексія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Оцінка водного дефіциту для Київського водосховища за впливу різних небезпек та загроз»

керівник роботи к.пед.н., доцент Строкаль Віта Петрівна

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

2. Строк подання студентом роботи 15 листопада 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: моніторингові дані державного агентства водних ресурсів України, картосхеми, звіти річок, звіти наукових робіт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Вивчити причинно-наслідкові зв'язки точкового та дифузного забруднення Київського водосховища.

2. Оцінити стан Київського водосховища за показниками кисневого балансу.

3. Розрахувати індикатор водного дефіциту для різних категорій риб та для самої водної екосистеми в цілому.

Студент

(підпис)

Давиденко О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Строкаль В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема магістерської роботи: «Оцінка водного дефіциту для Київського водосховища за впливу різних небезпек та загроз»

Актуальність роботи. Поверхневі води є цінним природним джерелом для будь-якої галузі економіки. Якщо держава прагне розвиватися і бути економічно стабільною, в першу чергу для цього потрібна стабільна та безпечна ситуація, та забезпечення всіх галузей народного господарства достатньою якісною водою. В умовах інтенсифікації сільського господарства, війни, продовольчої та водної кризи в прифронтових регіонах, дослідження питань дефіциту та постачання якісної води є надзвичайно актуальним. Водний дефіцит є ключовим аспектом у доповідях як на національному (Плани управління басейнами), так і на міжнародному рівнях (Water World Alliance, EU EGU Assembly, ISIMIP groups). Вирішення питання дефіциту води стало головним важелем у розвитку будь-якої країни. Європейські країни все більше уваги приділяють питанням поєднання досліджень з водних та продовольчих проблем, застосовуючи інтердисциплінарні підходи.

Україна знаходиться лише на шляху до імплементації Директив ЄС і намагається як можна ефективніше використовувати власні ресурси для належного підтримання якісного стану водних ресурсів та забезпечення всіх галузей народного господарства високоякісною водою, в тому числі і сільського господарства, щоб подолати продовольчу кризу. З початком військових дій науковці все більше уваги почали приділяти питанням чи достатня кількість належної якості води є як для галузей економіки, так і для самої водної екосистеми. Ми використовуємо воду для власних потреб. І маємо розуміти, що водні організми також потребують високоякісної достатньої кількості води у певній водоймі для нормального їхнього функціонування і підтримання властивостей екосистеми. Маємо розуміти що дефіцит води може бути не лише для сільського господарства, житлово-

комунального чи промислового господарства, але й для самої водної екосистеми.

Магістерська робота саме й пов'язана із питаннями дослідження дефіциту води для самої водної екосистеми Київського водосховища. Магістерська робота дозволяє дати відповідь на питання: чи спроможні водні організми підтримувати всі метаболічні процеси у водній екосистемі, чи мають вони нормальні умови для їхнього розмноження. Саме тому актуальність дослідження не викликає сумніву.

Мета роботи: оцінити якісний та кількісний стан Київського водосховища для визначення ступеня водного дефіциту.

Об'єкт дослідження: визначити індикатори водного дефіциту водойми Київського водосховища з врахуванням показників кисневого балансу.

Предмет дослідження: якісні та кількісні показники екологічного стану водойми.

Завдання дослідження:

1. Вивчити причинно-наслідкові зв'язки точкового та дифузного забруднення Київського водосховища.
2. Оцінити стан Київського водосховища за показниками кисневого балансу.
3. Розрахувати індикатор водного дефіциту для різних категорій риб та для самої водної екосистеми в цілому.

Наукова новизна: доповнено дані про біогенне та органічне забруднення Київського водосховища; розраховано індикатори водного дефіциту Київського водосховища та оцінено екологічний стан водойми за результатами аналізу показників кисневого балансу водойми.

Ключові слова: Київське водосховище, індикатор водного дефіциту, риборозведення, екологічний стан, забруднення.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....	8
1.1. Поверхневі води: джерела забруднення з їхнім обґрунтуванням.....	8
1.2. Головні водно-екологічні проблеми України.....	10
1.3. Причинно-наслідкові зв'язки забруднення водних ресурсів	17
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	24
2.1. Екологічна характеристика та функції Київського водосховища.....	24
2.2. Гідрогеологічні та гідробіологічні умови Київського водосховища .	27
2.3. Місце проведення досліджень	30
2.4. Методика проведення досліджень.....	32
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	37
3.1. Аналіз причинно-наслідкових зв'язків евтрофікації Київського водосховища.....	37
3.2. Розрахунок індикатора водного дефіциту WSq для водної екосистеми водойми.....	40
3.3. Розрахунок індикатора водного дефіциту WSq для нормального функціонування риб у водоймі	43
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	49
ДОДАТКИ	56

ВСТУП

Поверхневі водні ресурси є одними із найважливіших природних ресурсів, що забезпечують стабільність екосистем, розвиток господарства та добробут населення. В умовах кліматичних змін, воєнних дій та інтенсивного антропогенного навантаження якість і доступність водних ресурсів суттєво погіршуються, що робить питання їх раціонального використання та охорони особливо актуальним.

Київське водосховище є одним із ключових елементів Дніпровського каскаду та важливим джерелом водопостачання, енергогенерації, риборозведення й рекреації. Водночас водосховище зазнає значного впливу біогенних речовин, органічних і хімічних забруднювачів, що спричиняє евтрофікацію, погіршення кисневого режиму та зниження стійкості водної екосистеми.

Для об'єктивного оцінювання стану водойми важливо комплексно враховувати не лише кількість доступної води, а й її якість. Індикатор водного дефіциту WSq дає змогу визначити рівень забезпечення водної екосистеми необхідними параметрами, оцінити ризики дефіциту та можливі наслідки для гідробіонтів.

Отже, дослідження водного дефіциту Київського водосховища є важливим кроком для розуміння сучасного екологічного стану водойми та формування ефективних природоохоронних рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки й сталого водокористування.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

1.1. Поверхневі води: джерела забруднення з їхнім обґрунтуванням

Поверхневі води – це води зі струмків, річок, озер або підземних водоносних горизонтів, яка використовується для постачання в житлово-комунальні господарства, рибальства, промисловості та в інших секторах. Управління поверхневими водами полягає у захисті та очищенні їх для отримання достатньої кількості якісної води для різних потреб. Поверхневі води мають бути максимально захищені від забруднення, щоб зменшити ризики для здоров'я населення, та самої водної екосистеми. Крім того, захист природних вод може бути більш економічним, ніж очищення незахищених вод для отримання чистої питної води.

Вода також підтримує всі форми життя та впливає на наше здоров'я, спосіб життя та економічне благополуччя. Як окремі особи, ми використовуємо воду для санітарії, пиття та багатьох інших потреб, а також платимо за комунальні послуги, які її нам забезпечують. Хоча вода тече з наших кранів протягом дня, ми часто сприймаємо кількість прісної води, доступної на Землі, як належне, навіть якщо вона є домінуючим фактором підтримки екологічного балансу, і її заміна неможлива, оскільки вона забезпечує життєздатність навколишнього середовища.

Забруднення води – це будь-яке забруднення води, спричинене людиною, яке знижує її корисність для людини та інших організмів у природі. Неправильне використання землі та води в міських та сільських районах призвело до погіршення стану наших водозбірних басейнів та якості води. Коли наше водопостачання забруднене, це становить загрозу для здоров'я людей, тварин, рослин та дерев, якщо воно не проходить дорогу процедуру очищення. Забруднювачі, такі як гербіциди, пестициди, добрива та небезпечні хімічні речовини, можуть потрапляти в наше водопостачання [1, 43].

Промисловий вплив на воду може бути серйозним, коли токсичні хімікати скидаються або випадково розливаються у водні шляхи. Цей тип забруднення називається *забрудненням з точкових джерел*. Промислові підприємства повинні мати спеціальні дозволи на скидання відходів у водні шляхи, зазвичай попередньо очищуючи їх. Недотримання вимог може призвести до серйозних штрафів та стягнень.

Точкове забруднення має такий вплив на екосистеми [43]:

1. Забруднювачі можуть надходити з певного джерела, такого як труба, яка скидає використану воду або інші матеріали з заводу у водойму. Такі скиди можуть бути шкідливими для водних екосистем і можуть впливати на лісові породи дерев, що оточують водойму.
2. Забруднювачі також можуть надходити з великих територій, таких як сільськогосподарські поля, які були покриті добривами або пестицидами. Залишки добрив та пестицидів можуть стікати або змиватися у струмки та річки, або просочуватися в ґрунт, забруднюючи підземні води, а на поверхні вони також можуть досягати дерев.
3. Забруднювачі можуть забруднювати наші джерела питної води, знижувати рівень кисню, що може призвести до загибелі риби та інших диких тварин, накопичуватися в тканинах риби, яку ми виловлюємо та їмо в озерах, зменшувати красу води та навіть поширюватися на навколишнє середовище, завдаючи шкоди лісовим породам дерев навколо озер.

Забруднення з неточкових джерел є набагато більшою проблемою [1, 8, 38]. Воно виникає, коли дощові опади, снігопади або зрошувальні системи стікають по землі або крізь землю, поглинаючи забруднюючі речовини та осідаючи їх у водоймах. Токсичні будівельні матеріали, такі як фарба, розчинники, кислоти та клеї, також можуть забруднювати воду.

У міських районах дощова вода, яка потрапляє на непроникні вулиці, тротуари та парковки, створює стік, переносячи забруднюючі речовини у потоки. Хімікати для газонів та садів, такі як гербіциди, інсектициди та добрива, можуть просочуватися у ґрунтові води або потрапляти у водні шляхи. Токсичні розчинники, фарби, олії та засоби для чищення часто виливаються в каналізацію, а не утилізуються належним чином. Сіль, яка використовується на обледенілих вулицях, також є серйозним забруднювачем [43].

Сільське господарство часто має великий вплив на якість води. Хімічні речовини, такі як гербіциди, інсектициди та добрива, особливо коли їх наносять більше, ніж потрібно, можуть стікати у водні шляхи або просочуватися у ґрунтові води.

Забруднення з неточкових джерел, яке також називають природним забрудненням, має більший вплив, ніж штучне забруднення або забруднення з точкових джерел. Воно впливає на джерела води, такі як поверхневі та підземні води, і може бути нерегулярним або випадковим [8].

1.2. Головні водно-екологічні проблеми України

Поступове погіршення якості водних ресурсів в Україні спостерігається з року в рік, що безпосередньо пов'язано зі зростанням рівня захворюваності населення та загальним погіршенням екологічного стану довкілля [1-5]. До основних джерел антропогенного навантаження на природне середовище в Україні відносять [6-8]: стаціонарні — промислові та аграрні підприємства, міські очисні споруди, зливові (стічні) води населених пунктів, а також енергетичні об'єкти; і дифузні — діяльність гірничо-видобувної промисловості, аграрне виробництво, домогосподарства, що не підключені до централізованих систем водовідведення, мулові майданчики, місця захоронення відходів, а також скидання забруднюючих речовин і сміття з водного транспорту.

Ключовими чинниками, що визначають стан і безпеку водних ресурсів України, є фактори забруднення води, серед яких: індустріалізація (зростання обсягів технічно очищених або неочищених стічних вод), розширення меж урбанізованих зон великих міст (збільшення кількості житлово-комунальних стоків), неконтрольоване використання агрохімікатів у сільському господарстві та відсутність належної обробки гноєвих мас до внесення у ґрунт, що зумовлює надходження у водні об'єкти значних обсягів пестицидів, фосфатів і нітратів. Крім того, спостерігається стрімке зростання кількості птахофабрик, адже Україна входить до п'ятірки провідних країн-виробників м'яса птиці, що супроводжується збільшенням обсягів неконтрольованих відходів тваринного походження у довкіллі. Також гострою проблемою залишається перевантаження полігонів побутових відходів і нестача сучасних підприємств з їх переробки. Як наслідок, на території держави утворилася значна кількість несанкціонованих сміттєзвалищ, а на офіційних полігонах фільтраційні води часто без належного очищення потрапляють у річкові системи [9].

Окрему увагу варто приділити сучасному стану тваринництва в Україні, який характеризується швидким розвитком галузі та розширенням виробничих потужностей, зокрема у птахівництві. До основних напрямів тваринництва належать свинарство, скотарство, вівчарство та птахівництво.

Варто зазначити, що вплив сучасного сільського господарства на стан водних ресурсів в цілому викликає занепокоєння з низки причин. Забруднення, що виникає внаслідок сільськогосподарської діяльності, зросло головним чином в результаті інтенсифікації систем виробництва продуктів харчування. Попит на виробництво продуктів харчування задовольняється поєднанням високоврожайних сортів сільськогосподарських культур та більшої залежності від пестицидів, добрив та імпортованих кормів для тварин; з 1950 року споживання азотних добрив зросло більш ніж у шість разів.

Поживні речовини

Збільшення втрати поживних речовин зі сільськогосподарськими стоками має потенційно серйозні екологічні наслідки та наслідки для здоров'я населення. У цьому відношенні азот і фосфор є особливо важливими, оскільки обидва беруть участь у водній евтрофікації. Однак, через вільний обмін азоту між повітрям і водою та фіксацію атмосферного азоту деякими синьо-зеленими водоростями, фосфор зазвичай вважається поживною речовиною, що обмежує евтрофікацію, у більшості водних екосистем.

Органічні стічні води [14]

Органічні відходи зазвичай містять велику частку твердих речовин, які можуть швидко покривати донні середовища існування, що призводить до змін у видовому складі фауни. Органічні відходи можуть потрапляти у водотоки шляхом прямого скидання зі сховища рідких або силосних стічних вод, або стоком з полів, де вносили рідкий гній/гній. Органічне забруднення спричиняє швидкий ріст мікроорганізмів у воді, що призводить до високого біохімічного споживання кисню (БСК).

Відходи тваринництва, зокрема необроблений гній та фекалії пасовищних тварин, можуть містити різноманітні бактеріальні та найпростіші патогени. Забруднення води гною та/або фекаліями, яке може відбуватися різними шляхами, тому становить потенційну загрозу для здоров'я людей та тварин; такий потенційний ризик залежатиме від низки факторів [8, 14].

Протягом останніх десятиліть в Україні спостерігається суттєве скорочення галузей скотарства, свинарства та вівчарства. Згідно з даними [10], у період з 1990 по 2018 рік чисельність поголів'я сільськогосподарських тварин зменшилася приблизно на 80 %. Зокрема, кількість великої рогатої худоби скоротилася на 86 % (у тому числі корів – на 76 %), свиней – на 69 %, а овець і кіз – майже на 91 %. Нині провідне місце у структурі тваринництва посідає птахівництво. Попри значне

скорочення виробництва продукції у 1991–2001 роках, сьогодні галузь демонструє стійке зростання, що зумовлено підвищенням споживчого попиту на м'ясо птиці та його невисокою собівартістю. Відповідно до статистичних даних [10], у 2016–2017 роках в Україні було вироблено 4 642 тис. тон м'яса всіх видів, серед яких 2 352 тис. тонн (51 %) припадало на м'ясо птиці, 1 484 тис. тонн (32 %) – на свинину, а 740 тис. тон (17 %) – на яловичину та телятину. Наведені показники свідчать, що збільшення обсягів птахівництва спричиняє зростання відходів, які є суттєвими чинниками забруднення довкілля, зокрема повітря, ґрунтів і водних ресурсів. У процесі життєдіяльності однієї курки утворюється в середньому 0,2–0,3 кг посліду; додатково утворюються забруднена підстилка, інкубаційні відходи, трупі птиці тощо. У 1 м³ повітря птахівничих приміщень міститься 3–20 мг аміаку, 1–3 мг сірководню, 0,10–0,30 % вуглекислого газу, 3–5 мг пилу та від 70 до 900 тис. мікроорганізмів [10]. Ці забруднювачі значно впливають на погіршення якості води [11-12]. У сукупності всі наведені фактори формують високий рівень забруднення водних ресурсів України. Згідно з положеннями національного документа «Стратегічні підходи до формування водної політики України» [8], води більшості річок країни належать до третього класу якості («помірно забруднені»), а за середніми показниками індексу сапробності фіксується помірний рівень органічного забруднення. Водночас найкритичніша ситуація спостерігається за окремими показниками якості води: БСК₅ – у басейнах Дністра та Сіверського Дінця; NH₄⁺ – у водах Дніпра, Південного та Західного Бугу; NO₂⁻ – у річках Приазов'я й Західного Бугу; NO₃⁻ – у басейнах Сіверського Дінця та Західного Бугу; PO₄³⁻ – у водах Дніпра та Сіверського Дінця [11-13].

Одним із важливих чинників сучасних екологічних змін є підвищення глобальної температури, яке призвело до зміни кліматичних умов і в Україні, зокрема через часті аномальні коливання температур [15]. Територію України традиційно поділяють на три агрокліматичні зони:

Степ, Лісостеп і Полісся. Такий поділ базується на співвідношенні між кількістю опадів і сумарним тепловим ресурсом. Проте останніми роками, унаслідок зростання середньорічних температур та накопиченого тепла, спостерігається поступове зміщення меж цих зон. Кількість днів із надзвичайно високими температурами, так званих «теплових хвиль», коли повітря прогрівається понад 30–35 °С, значно зросла. За спостереженнями метеорологів, ці явища поступово переміщуються у північному напрямку. Збільшення температури на 1 °С спричиняє зміщення агрокліматичних зон приблизно на 100 км на північ. Оскільки температура підвищилась на 2 °С, межі кліматичних зон уже посунулися на 200 км [16-17]. У результаті цього процесу зона Полісся, яка характеризувалася достатнім зволоженням і помірними температурами, майже зникає. Нині саме ця територія нагрівається швидше, ніж південні області. Наприклад, Кіровоградська область, що раніше належала до Північного степу (посушливого і спекотного регіону), сьогодні за кліматичними параметрами відповідає умовам Південного степу (дуже посушливого і спекотного). Раніше до цієї зони належали Херсонська, Запорізька та Одеська області. Таким чином, сучасний клімат Кіровоградщини подібний до клімату Херсонщини 30 років тому, тоді як сама Херсонщина вже наближається до умов сухих субтропіків. Рівень тепла, який нині отримують Херсонська, а також південні частини Запорізької та Миколаївської областей, дозволяє вирощувати теплолюбні культури, такі як рис чи бавовник [16-17]. У «Заключному звіті проєкту Clima East», що фінансується Європейським Союзом, під назвою «Розробка концепції національної політики адаптації сільського господарства України до зміни клімату» [16], подано прогностичні сценарії розвитку кліматичних умов в Україні. Зокрема, до 2050 року сумарна кількість опадів істотно не зміниться (відхилення в межах 3–5 %), проте істотно зміниться їхня структура — збільшиться частка небезпечних та стихійних опадів, а також інтенсивність злив, особливо в теплий сезон [18-19]. Крім того, очікується зростання середнього потенційного

випаровування до 1200 мм на рік (нині цей показник становить 700–850 мм), а в подальшій перспективі — до 1600 мм [16].

Подальше зростання показників випаровуваності пов’язується із прогнозованим підвищенням максимальної річної температури повітря у майбутні десятиліття [16]. Основними інтегральними параметрами, що характеризують зміни клімату, є річна сума опадів — головне джерело зволоження — та річне випаровування, величина різниці між якими визначає водний баланс або дефіцит вологи. На рисунку 1.1 представлено порівняльну характеристику співвідношення між міським і сільським населенням, яке проживає в межах районів суббасейну Середнього Дніпра. Простежується пряма залежність між рівнем антропогенного навантаження на природні ресурси цих територій та структурою їхнього населення.

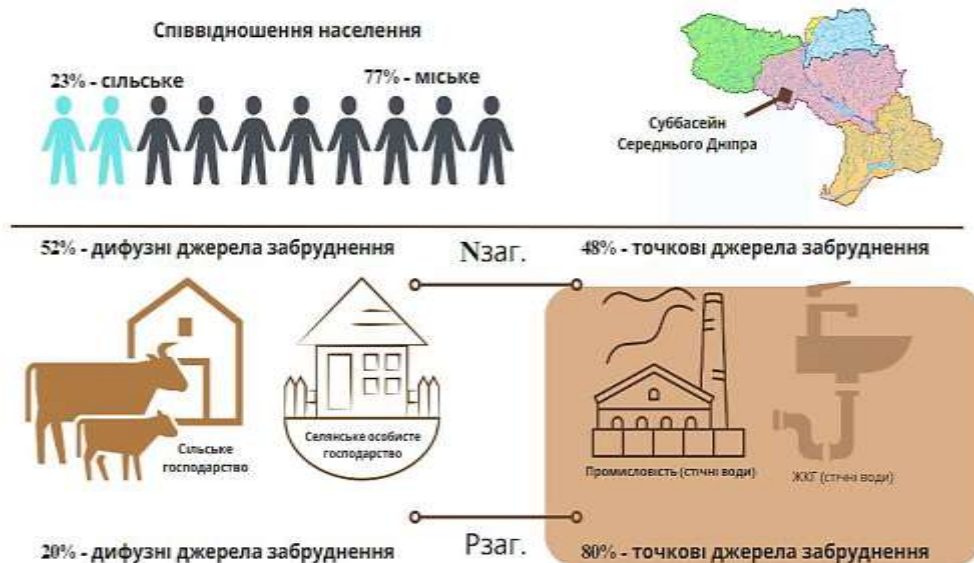


Рис. 1.1. Структура надходження забруднюючих речовин з точкових і дифузних джерел у межах Дніпровського басейну (за матеріалами Планів управління річковим басейном Дніпра на 2019–2023 рр.) [8].

Варто підкреслити, що дані щодо структури надходження забруднюючих речовин з точкових і дифузних джерел у межах Дніпровського басейну (за матеріалами Планів управління річковим

басейном Дніпра на 2019–2023 рр.) є результатом власного аналітичного узагальнення авторів [8].

У межах суббасейну Середнього Дніпра проживає близько 44 % усього населення басейну, при цьому 77 % становить міське населення. Саме цей регіон характеризується найбільшим навантаженням важкими металами, основну частину якого формують точкові джерела забруднення – Кременчуцький водоканал (м. Кременчук), ПАТ «Азот» (м. Черкаси), КП «Полтававодоканал» (м. Полтава) та інші. Водночас дифузне забруднення тут пов'язане з побутовими стоками домогосподарств, що не мають належних систем водовідведення.

До міст, що належать до зони впливу цього суббасейну, відносяться: Верхівцеве, Гребінка, Баришівка, Тараща, Ічня, Лохвиця, Карлівка, Городище, Шпола та Обухів. На відміну від цього, у межах суббасейну Верхнього Дніпра та річки Десна переважає сільське населення – приблизно 68 %, тоді як міське становить лише близько 32 %. Відповідно, головний вплив на стан річкових екосистем тут мають дифузні джерела забруднення – передусім сільське господарство й сільські населені пункти, що не мають централізованих інженерних комунікацій. Домогосподарства без каналізації виступають основними джерелами надходження органічних сполук до водойм. У межах суббасейну Верхнього Дніпра та Десни нараховується 68 населених пунктів міського типу, з яких лише 18 обладнані системами збору та відведення стічних вод. Згідно з даними Державного агентства водних ресурсів України за 2021 рік, до річкової мережі цього суббасейну було скинуто 6056 т органічних речовин за показником БСК₅ та 10295 т за ХСК. Опрацювання великого обсягу результатів моніторингу якості води в басейні Дніпра є надзвичайно трудомістким процесом навіть на державному рівні. Водночас Державне агентство водних ресурсів України, яке є головним координатором спостережень, надає обмежений обсяг відкритих даних — лише за 10 показниками, і навіть ці параметри не завжди вимірюються повністю. Під

час аналізу карти моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів було розглянуто контрольну точку у річці Кізка, куди здійснюється скид стічних вод підприємства «Агромарс». Останні оновлені дані датуються 22 жовтня 2019 року. У цьому пункті зафіксовано перевищення концентрації нітритного азоту у 57,5 разів, амонійного – у 43 рази, а БСК₅ – у 1,5 раза порівняно з нормативами. Усе це свідчить про актуальність і необхідність практичної реалізації концепції інтегрального оцінювання якості води, адже накопичені за роки моніторингові дані можуть стати цінною основою для моделювання процесів зміни якості водних ресурсів [8].

1.3. Причинно-наслідкові зв'язки забруднення водних ресурсів

Сучасні виклики створюють суттєві труднощі у сфері регулювання якості водних ресурсів України. З одного боку, це пов'язано з політичними та економічними чинниками, а з іншого – з недостатнім усвідомленням масштабів проблеми й неефективними підходами до її розв'язання. Аграрний сектор, прагнучі отримати високі врожаї та максимізувати прибутки, часто ігнорує наслідки надмірного чи нерационального використання мінеральних і органічних добрив, що може спричиняти забруднення навколишнього середовища. У результаті під найсильніший антропогенний вплив потрапляють землі, які перебувають в активному сільськогосподарському обробітку. Крім того, слід враховувати, що внаслідок водної й вітрової ерозії відбувається вимивання з ґрунту різних речовин у водойми, серед яких і мінеральні, і органічні добрива. Ці сполуки містять широкий спектр біогенних елементів та важких металів, які, потрапляючи у водні об'єкти, негативно впливають на якість води та стан гідробіонтів.

Серед негативних чинників, що впливають на стан водних екосистем, слід виокремити діяльність аграрно-тваринницьких підприємств, до яких належать великі комплекси з вирощування великої рогатої худоби, фермерські господарства та птахофабрики [20]. Їхній вплив визначається

кількома аспектами: по-перше, відсутністю належних санітарно-гігієнічних умов для зберігання органічних відходів (гноєсховищ, відстійників), що часто призводить до забруднення водних ресурсів; по-друге, несанкціонованими скидами необроблених або неочищених гноєвих мас і стічних вод, які містять широкий спектр забруднювальних речовин — патогенні мікроорганізми, яйця гельмінтів, насіння бур'янів, а також біогенні елементи (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) [21]. Надходження біогенних речовин до водних об'єктів є основною причиною розвитку процесів евтрофікації, що негативно впливають на стан водних екосистем і гідробіонтів. Антропогенна евтрофікація відбувається значно швидше, ніж природна, яка може тривати тисячоліттями [22-23]. Це пояснюється тим, що природна евтрофікація є повільним процесом, спричиненим поступовим накопиченням органічних речовин у результаті неповної мінералізації водних рослин і зростання концентрацій біогенних елементів [22]. У протилежність цьому, антропогенна евтрофікація формується внаслідок інтенсивного надходження біогенних речовин із промислових і тваринницьких підприємств або через змив мінеральних і органічних добрив із сільськогосподарських полів. Це призводить до зниження біорізноманіття, порушення екологічної рівноваги та значного забруднення водойм біогенними сполуками, зокрема фосфатами та нітратами [23]. У «Водній стратегії України до 2050 року» [24] серед ключових екологічних проблем визначено надмірні обсяги забруднювальних речовин, що потрапляють у річкові системи внаслідок скидів і площинного змиву. Аналогічні висновки наведено у Технічному звіті проєкту «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства: Результати 2 і 3 (ENI/2016/372–403)» [25], де зазначено, що головну загрозу для водних ресурсів басейну Дніпра становлять біогенні елементи — мінеральні сполуки азоту та фосфору, надлишковий уміст яких призводить до процесів евтрофікації.

Потрапляння біогенних елементів у водойми басейну Дніпра відбувається переважно двома шляхами – із джерел сільськогосподарського походження та внаслідок промислової діяльності. Згідно зі звітом [25], близько 69 % земельного фонду басейну, тобто 16 005,76 тис. га, використовується під орні сільськогосподарські угіддя. Ще 27 % територій (9 304 тис. га) зайняті луками, пасовищами, лісами та забудованими площами, тоді як лише 4 % (1 915,5 тис. га) становлять водні об'єкти. Для досягнення запланованої урожайності аграрні підприємства різних форм власності систематично вносять як мінеральні, так і органічні добрива. За даними 2017 року [25], середній рівень внесення мінеральних і органічних добрив на ріллю становив: 101 кг N/га (у межах 43–239 кг N/га по регіонах), 23 кг P_2O_5 /га (у межах 10–82 кг P_2O_5 /га) та 700 кг органічних добрив/га (від 100 кг/га до 2 т/га). Водночас промислові підприємства басейну скидають до довкілля значні обсяги сполук азоту та фосфору: загальна кількість становить 3713 т Ntotal (переважно сполуки NO_3^- – 78 %) та 246,5 т Ptotal [25]. Проблематика забруднення вод біогенними елементами є предметом широких наукових досліджень в Україні та за кордоном. Так, у роботах Степанової О. В. та Роми В. В. [22] розглядається розподіл і динаміка біогенних сполук у місцевих водах Полтавщини, зокрема сполук азоту й фосфору, які виступають каталізаторами процесів антропогенної евтрофікації поверхневих вод. Дослідниці зазначають, що надмірне надходження поживних речовин антропогенного походження стимулює активний розвиток фітопланктону, водоростей і вищої водної рослинності, що призводить до зниження рівня розчиненого кисню та створює загрозу для гідробіонтів [8]. Особливості формування річкового стоку біогенних речовин річки Дніпра детально описані у праці С. І. Сніжина [26]. Питання оцінки емісій біогенних елементів і органічних сполук у поверхневій воді від дифузних джерел вивчали Н. М. Осадча, О. О. Ухань, В. М. Чехній та О. Г. Голубцов [27]. Формування складу сполук і їхній розподіл у річкових екосистемах досліджували В. Грубінко

та О. Скиба [28], а В. О. Юрченко, М. П. Радіонов і О. Г. Мельніков [29] зосередили увагу на кінетичних характеристиках процесу нітрифікації у водоймах. Проблемам антропогенної евтрофікації та її впливу на якість води присвячені також дослідження О. О. Дмитрієвої, І. В. Колдоба та І. В. Хорейжая [30].

У результаті проведеного теоретичного аналізу було визначено основні причинно-наслідкові зв'язки надходження біогенних речовин – азоту (N) та фосфору (P) – у водні об'єкти (рис. 1.2). Ця схема демонструє три ключові чинники, що спричиняють потрапляння біогенних елементів до водойм: сільське господарство (яке поділяється на рослинництво та тваринництво) та житлово-комунальне господарство.

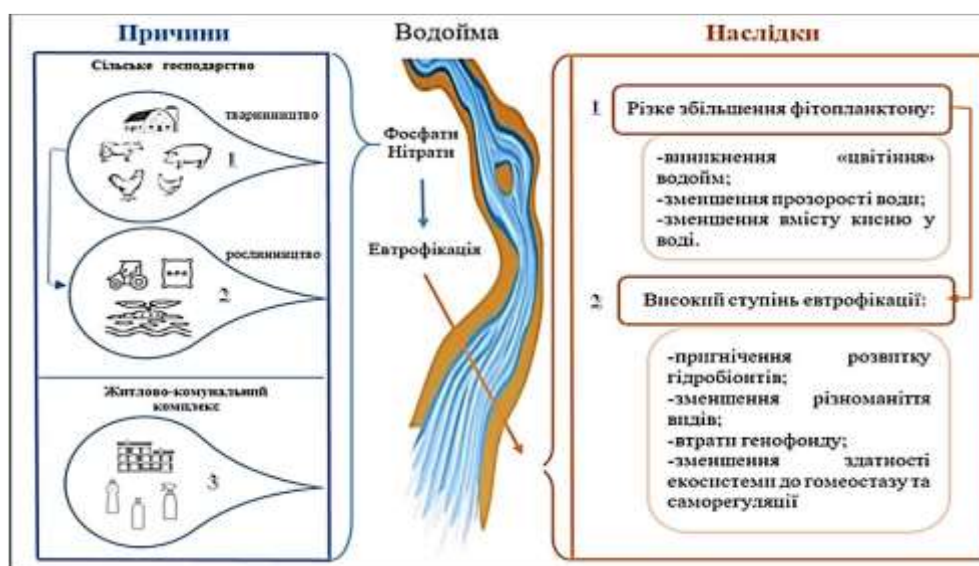


Рис. 1.2. Причинно-наслідкові зв'язки надходження біогенних речовин у водойми басейну річки Дніпро [8].

Виникає питання: чому саме ці три джерела виділено як основні? Для цього варто проаналізувати особливості кожної з галузей. Сільське господарство представлено двома напрямками – рослинництвом і тваринництвом – кожен із яких здійснює прямий або опосередкований вплив на стан водних екосистем. Рослинництво спричиняє потрапляння біогенних речовин у водойми через процеси вирощування культур,

урожайність яких потребує значних обсягів мінеральних і органічних добрив. Ерозійні процеси – водна чи вітрова ерозія – сприяють змиванню з ґрунтів залишків добрив, що містять азот і фосфор. Відомо, що орні землі становлять 69 % земельного фонду басейну Дніпра [25], тому внесення добрив тут відбувається постійно. Середні показники внесення азотних добрив становлять 43–239 кг N/га, фосфорних – 10–82 кг P_2O_5 /га по областях. Таким чином, навіть незначні ерозійні процеси можуть спричинити потрапляння до водойм суттєвих кількостей сполук азоту й фосфору, що провокує або посилює процеси евтрофікації.

Тваринництво, у свою чергу, чинить опосередкований вплив через накопичення гною та стоків від ферм і комплексів. Недотримання вимог щодо їхнього зберігання та утилізації призводить до потрапляння забруднюючих речовин у водне середовище [20].

Житлово-комунальне господарство також має негативний вплив на якість води. Це зумовлено, по-перше, постійним використанням мийних засобів, до складу яких входять фосфати, що потрапляють у водойми разом зі стічними водами; по-друге, самі побутові стоки містять численні бактерії та мікроорганізми, небезпечні для водних екосистем [11, 20].

Виконуючи узагальнення теоретичних відомостей щодо рівня забруднення водних ресурсів басейну річки Дніпро, перш за все необхідно враховувати результати моніторингу та екологічної оцінки стану вод України, що представлені на офіційному порталі Державного агентства водних ресурсів України [31-32]. Згідно з оприлюдненими даними, на території суббасейну Верхнього Дніпра та річки Десни основними забруднювальними компонентами у водному середовищі є амоній-іони та поліфосфати. Проведені спостереження свідчать про суттєве перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих показників у низці контрольних точок. Зокрема, у водах річки Білоус (на відстані 0,5 км від м. Чернігів) зафіксовано концентрацію амоній-іонів, що перевищує норматив у 4,46 рази ($2,23 \text{ мг/дм}^3$ за допустимого значення $0,5 \text{ мг/дм}^3$), а також

перевищення нітрит-іонів у 5 разів ($0,4 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,08 \text{ мг/дм}^3$) - дані спостережень від 05.12.2018 р. На ділянці річки Кізка (приблизно 5 км від с. Демидів, поблизу зони впливу зворотних вод підприємства «Агромарс») рівень амоній-іонів перевищував ГДК у 43,2 рази ($21,6 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,5 \text{ мг/дм}^3$), а нітрит-іонів - у 57,5 рази ($4,6 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,08 \text{ мг/дм}^3$), що зафіксовано 22.10.2019 р. У водах річки Дніпро поблизу смт Вишеньки (Київська обл., скидний канал БСА) також відзначено значні перевищення нормативів: уміст амоній-іонів у 20,2 рази ($10,1 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,5 \text{ мг/дм}^3$), нітрит-іонів - у 13,75 рази ($1,1 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,08 \text{ мг/дм}^3$), нітрат-іонів - у 1,08 рази ($43,2 \text{ мг/дм}^3$ за норми 40 мг/дм^3). Порівняльний аналіз результатів моніторингу для інших частин басейну, зокрема річки Прип'ять та суббасейну Середнього Дніпра, показує, що екологічна ситуація тут дещо краща. Перевищення вмісту азотистих сполук (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) у воді фіксується лише у 1–2,5 рази відносно встановлених нормативних значень, що свідчить про менший рівень антропогенного навантаження [31-32].

Унаслідок значного антропогенного навантаження на території сільськогосподарських угідь спостерігаються інтенсивні прояви ерозійних процесів, що зумовлюють дифузне забруднення. Такі процеси сприяють вимиванню мінеральних і органічних речовин до водних об'єктів суббасейну Нижнього Дніпра, підвищуючи рівень їх забруднення. Виділено низку критичних ділянок, де зафіксовано перевищення концентрацій біогенних елементів [31-32]:

- Канал Дніпро–Донбас, річка Орілька (1,5 км від гирла): уміст амоній-іонів перевищує норматив у 2,44 рази ($1,22 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,5 \text{ мг/дм}^3$), а нітрит-іонів — у 1,06 рази ($0,085 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,08 \text{ мг/дм}^3$). Дані станом на 06.12.2018 р.

- Річка Жовта (22 км нижче скиду ТОВ «Восток–Руда»): концентрація нітрит-іонів перевищує норматив у 80,38 рази ($6,43 \text{ мг/дм}^3$ за норми $0,08 \text{ мг/дм}^3$), дані за 17.10.2018 р.

- Річка Інгулець (с. Іскрівка, нижче впадіння р. Жовта): зафіксовано перевищення нітрит-іонів у 103,37 рази (8,27 мг/дм³ за норми 0,08 мг/дм³), дані за 17.10.2018 р.

- Річка Інгулець (с. Калінінське): перевищення нітрит-іонів у 2,5 рази (0,2 мг/дм³ за норми 0,08 мг/дм³), дані за 16.10.2018 р.

Отже, найбільшу екологічну загрозу становлять саме високі концентрації нітритів і сполук амонійного азоту, які на окремих ділянках водозбору перевищують нормативні рівні більш ніж у 100 разів. Така ситуація є наслідком як дифузних джерел забруднення (ерозія ґрунтів, сільське господарство, поверхневий стік), так і точкових джерел (промислові підприємства, стоки житлово-комунального господарства). Згідно з аналітичними матеріалами проекту «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства» [8, 25, 31-32], для суббасейнів річки Дніпро визначено основні еколого-водні проблеми, пов'язані з впливом дифузних і точкових джерел. Систематизація отриманих даних підтверджує, що обидва типи забруднення мають суттєвий вплив на якість водних екосистем басейну Дніпра.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Екологічна характеристика та функції Київського водосховища

Київське водосховище являє собою штучну водойму, сформовану у руслі річки або в природному зниженні рельєфу внаслідок спорудження греблі [33-34]. Воно є одним із ключових (верхнім) водорегулюючих резервуарів у системі дніпровського каскаду гідроелектростанцій [8, 35]. За своїм функціональним призначенням дніпровський каскад, до складу якого входить і Київське водосховище, виконує комплексну роль і використовується для задоволення різноманітних потреб національного господарства: гідроенергетики, водопостачання, зрошення, рибного господарства, водного транспорту, рекреаційної діяльності та протипаводкового захисту [8].

Стан навколишнього середовища Київського водосховища та його ефективне експлуатаційне використання мають важливе значення не лише для України, але й для суміжних держав [36]. Водосховище виконує багатоцільові функції, що поєднують природні (абіотичні та біотичні) процеси водної екосистеми з господарським водокористуванням (рис. 2.1) [8]:

- забезпечує виробництво електроенергії для Київських ГЕС і ГАЕС. Загалом у межах Києва функціонує п'ять гідроенергетичних об'єктів: ТЕЦ-2 (у районі міської гавані), ТЕЦ-3 (поблизу залізничного вокзалу), ТЕЦ-4 (у Дарницькому районі), ТЕЦ-5 (на півдні міста біля русла Дніпра) та ТЕЦ-6 (у Троєщинському районі), що відображає його водно-енергетичну функцію.

- Київське водосховище виступає важливою водно-транспортною артерією у межах транскордонного водного простору, забезпечуючи здійснення вантажних водних перевезень (Михайлик О. О., 2021 [37]) – транспортно-логістична функція.

- Водосховище виконує роль регулятора водних приток, використовується для сезонного регулювання стоку річок Дніпра та

Прип'яті, а також є джерелом санітарно-гігієнічних попусків на київській ділянці Канівського водосховища (Тімченко В. М., Линник П. М., Холодько О. П., Беляєв В. В., Вандюк Н. С., Гуляєва О. О., Жежеря В. А., 2013 [38]). Рівень води у водосховищі коливається залежно від сезонних і кліматичних умов, що спричинює його зниження у літній період (червень–вересень) та підвищення навесні (квітень–травень) (Литвиненко В. О., Христенко Д. С., Котовська Г. О., Колесник Н. Л., Симон М. Ю., 2021 [39]) – водно-регуляційна функція.

- Водосховище має важливе значення для розвитку рибного господарства, активно використовується для розведення риби та підтримання біорізноманіття іхтіофауни (Литвиненко В. О., Христенко Д. С., Котовська Г. О., Колесник Н. Л., Симон М. Ю., 2021 [8, 39]) – рибогосподарська функція.

- Резервуар сприяє розвитку зрошувального землеробства, забезпечуючи використання поверхневих вод для підтримання оптимального еколого-меліоративного стану ґрунтів та безпечного виробництва сільськогосподарської продукції. При цьому якість води повинна відповідати нормативам для зрошення (Строкаль В. П., Куровська А. В., 2021 [8]; Войтенко Л. В. та ін.) – водогосподарська функція.

- Водосховище також виконує рекреаційну функцію, оскільки використовується для організації відпочинку, занять спортом і дозвілля. Територія дамби Київського водосховища вирізняється високим рекреаційним і релаксаційним потенціалом, адже розташована в межах природної зони з лісопарковими масивами (Шевченко Р. Ю., 2021 [40]) – оздоровчо-рекреаційна функція.

- Київське водосховище виконує також важливу захисну функцію, оскільки сприяє запобіганню повеням і регулює надлишкові водні потоки (Литвиненко В. О., Христенко Д. С., Котовська Г. О., Колесник Н. Л., Симон М. Ю., 2021).

Окремо слід відзначити екологічну роль водосховища, яка набула особливого значення після аварії на Чорнобильській АЕС. Як зазначають науковці Інституту гідробіології НАН України [38], у водойму з приток — річок Прип'ять та Верхній Дніпро — потрапила значна кількість радіонуклідів (цезію-137, стронцію-90 і плутонію-239). Основна частина цих радіоактивних елементів осіла в донних відкладах, перетворивши водосховище на головне депо радіонуклідів регіону.

Київське водосховище віднесено до транскордонних річкових басейнів, що підтверджується дослідженнями Щербака В. І. (2015 [41]). З огляду на це, до переліку функцій водосховища варто додати ще одну — транскордонну функцію, що відображає його геоекологічне значення (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Цільова спрямованість та основні функції Київського водосховища (джерело: карта еколого-гідродинамічного районування Київського водосховища (а – транзитна зона; б – нетранзитна зона); цільове використання та функції Київського водосховища [8]).

2.2. Гідрогеологічні та гідробіологічні умови Київського водосховища

Результати досліджень [8, 36-39] свідчать, що кліматичні зміни помітно впливають на стан водозабезпечення Київського водосховища. Воно є найвищим серед усіх дніпровських водосховищ і входить до категорії «великих» у складі Дніпровського каскаду. До каскаду також відносяться Канівське, Кам'янське, Дніпровське, Кременчуцьке та Каховське водосховища, які класифікуються як «дуже великі».

Гідрологічний режим Київського водосховища формується під впливом кліматичних чинників, які визначають рівень води та сезонні коливання. Близько 90% водного живлення водойми забезпечується притоками річок Дніпра та Прип'яті – типових рівнинних водотоків [38]. Зокрема, близько 65% живлення цих річок надходить від танення снігового покриву, тоді як підземні води становлять приблизно 33% [8]. Крім того, до водосховища впадають річки Ірпінь, Уж та Тетерів [38].

Кліматичні коливання останніх десятиліть суттєво вплинули на сезонну динаміку водного режиму водосховища [8, 38]. За даними [39], у 2016–2020 рр. спостерігалися значні відмінності в кількості опадів — від періодів інтенсивних дощів до тривалих посух. Починаючи з 2016 року, для території України характерна нерівномірність опадів упродовж року [39]. Середня річна кількість опадів, що надходять до Київського водосховища, становить близько 620 мм.

Нормальний надпірний рівень води у водоймі дорівнює 103,0 м над рівнем моря [39]. Сезонні зміни істотно впливають на коливання водного рівня [38]. Як правило, рівень води поступово знижується з січня до середини березня, під час весняної повені підвищується до середини квітня, після чого знову спадає до кінця червня й залишається стабільним до осіннього періоду інтенсивних опадів [39].

Формування якості води та гідрогеологічного режиму визначається переважно процесами перенесення водних мас і перемішування, що відбувається завдяки турбулентній дифузії [38]. Київське водосховище поділяється на транзитну та нетранзитну зони течій (рис. 2.2).

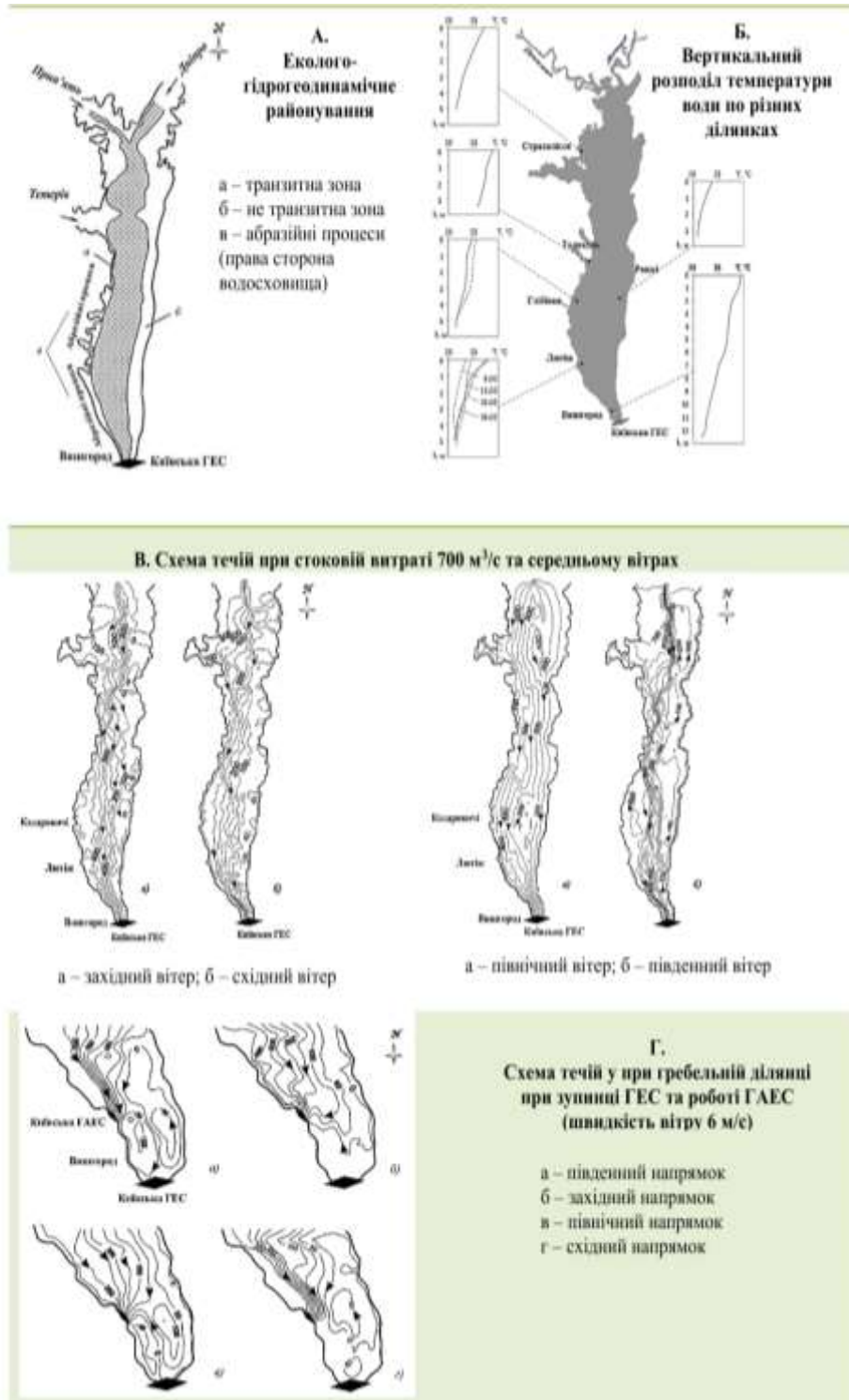


Рис. 2.2. Гідрологічні умови Київського водосховища [8, 39]

Транзитна зона характеризується наявністю стокових течій, режим яких визначається гідрометеорологічними чинниками та роботою Київської ГЕС. Нетранзитна зона, у свою чергу, охоплює водні маси, динаміка яких формується під впливом локальних водних течій (рис. 2.2 (А)). Головна різниця між цими зонами полягає у принципово різних біотопічних умовах середовища [38].

Як видно з рисунку 2.2 (В–Г), середній за інтенсивністю вітер східного й західного напрямків майже не впливає на загальну схему стокових течій. При північних вітрах спостерігається зміна конфігурації транзитного потоку, тоді як за південних вітрів у лівобережній частині водосховища формується система циклонних вихорів.

Найбільш сприятливі умови для функціонування водної екосистеми водосховища виникають під дією західних і північних вітрів. У цей час затягування водних мас у агрегати ГАЕС здійснюється з майже всієї акваторії водойми. Аналіз середньорічних даних температури води за останні десятиліття свідчить про її стабільне підвищення в усі пори року (рис. 2.2 (Б)).

Характерною особливістю Київського водосховища є значна різниця між верхнім і основним плесом, яка проявляється у весняний період. Верхнє плесо утворюється внаслідок злиття річок Прип'ять і Дніпра, має підвищений рівень води та належить до типу озерних екосистем. Основне плесо розташоване нижче й поділяється на три ділянки: верхню – займає близько $\frac{3}{4}$ площі, має глибину до 3 м (до с. Страхолісея); середню – становить приблизно $\frac{1}{3}$ площі, характеризується глибиною понад 3 м (від с. Страхолісея до с. Рудня-Толокунська); нижню – найбільш глибоководну, що простягається до греблі [8].

На підставі узагальнення численних досліджень провідних науковців встановлено, що гідрологічний режим Київського водосховища є загалом сприятливим для стабільного функціонування його водної екосистеми.

Загальний стан біоти Київського водосховища формується під впливом як антропогенних, так і природних процесів [8]. До складу водних біотопів відносяться всі знижені елементи рельєфу водосховища, зокрема протоки, заплавні водойми та інші пониження. Київське водосховище відзначається значним різноманіттям біотопів, що включають рослинні, тваринні та мікробіологічні угруповання. Переважна частина таких біотопів має характер заплавних комплексів дельтового типу. У межах ландшафтних систем водойми простежуються активні процеси заболочування акваторій [8].

Наукові дослідження засвідчили, що протягом багаторічних етапів сукцесії фітопланктону планктонні водоростеві угруповання зберігають високу таксономічну різноманітність, яку переважно представляють зелені, діатомові та синьо-зелені водорості [8, 39]. У процесі сукцесії фітопланктону спостерігається поступовий перехід Київського водосховища від слабкоєвтрофного стану до мезотрофного, що на сучасному етапі характеризує його як євтрофну водойму [8].

2.3. Місце проведення досліджень

Місцем проведення досліджень було Київське водосховище в межах Київської області (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Пункти спостереження (пункти відбору проб води) із схематичним зображенням прогнозованих джерел впливу та місця їх розташування

Пункт 1. Дніпровсько-Тетерівський заповідник, с. Сухолуччя, Вишгородський район, Київська область. Джерела антропогенного впливу – притоки річок Прип'ять та Тетерів, що впадають у водойму вище місця відбору проб.

Пункт 2. С. Козаровичі, Вишгородський район, Київська область, поблизу гирла річки Ірпінь. На якість води в цьому пункті впливають відходи сільськогосподарських підприємств тваринницького спрямування, зокрема ТОВ «Агромас» (бренд «Гаврилівські курчата»), «Гута Межигірська» та «Тарас Плюс».

Пункт 3. С. Лютіж, Вишгородський район, Київська область. Основні джерела впливу – руйнування шлюзу Ірпінського гідровузла у лютому 2022 року, а також зворотні стічні води, що надходять від комунальних очисних споруд «Лютіжкомінгосп».

Пункт 4. С. Нові Петрівці, Вишгородський район, Київська область. Водойма зазнає впливу зворотних стічних вод від промислового підприємства ТОВ «Чіпси Люкс».

Пункт 5. М. Вишгород, Київська область – зона Київської ГЕС, район питного водозабору. Основним джерелом антропогенного навантаження є стічні води, що надходять від комунальних очисних споруд міста Вишгород.

Пункт 6. С. Лебедівка, Вишгородський район, Київська область. Тут на якість води впливає інтенсивна рекреаційна діяльність, зокрема функціонування баз відпочинку «Shelest» і «Goodlife Park».

Відбір проб води здійснювали на відстані 1,5–2,0 м від берега, повністю занурюючи ємність на глибину 0,4–1,0 м. Для визначення гідрохімічних показників використовували скляні банки об'ємом 3 літри.

Перед відбором проб кришки багаторазово промивали (п'ять разів). Ємності наповнювали до країв, не залишаючи повітряного простору, після

чого нумерували згідно з протоколом відбору проб. Кожен пункт спостереження складався з трьох окремих точок відбору води.

Оцінку якісного стану води у водосховищі здійснювали на основі разових вимірів гідрохімічних показників, що відповідає встановленим нормативним вимогам.

2.4. Методика проведення досліджень

Проблематика дефіциту води та зниження рівня водозабезпеченості в умовах кліматичних змін і воєнних дій є надзвичайно актуальною при здійсненні інтегральної оцінки стану водних ресурсів України. Виникнення дефіциту води свідчить про суттєвий дисбаланс між обсягами доступної пропозиції та потребами у воді належної якості [8].

Для визначення обсягів води, придатної для різних видів водокористування, застосовується індикатор водного дефіциту з урахуванням якості води – WSq (Water Scarcity including quality). Цей показник дозволяє кількісно оцінити доступні ресурси, враховуючи найкритичніші параметри, що можуть погіршувати якість води [42]. Індикатор WSq набув широкого поширення у практиці європейських науковців, які досліджують проблеми екологічного менеджменту та управління водними ресурсами.

Показник WSq охоплює параметри, що безпосередньо характеризують рівень забруднення природних вод і визначають їх якісні властивості. Оскільки вимоги до якості води залежать від цільового виду водокористування, ефективного управління водними ресурсами потребує комплексного підходу, який враховує не лише попит на певний обсяг води, а й специфіку відбору показників, що входять до розрахунку індикатора водного дефіциту [8].

У межах нашого дослідження було проведено аналіз якісного стану води Київського водосховища. Для оцінювання кількісних параметрів

водокористування з урахуванням безпечності природних вод застосовано саме індикатор WSq.

Індикатор WSq інтегрує два взаємопов'язані компоненти – кількісний, який визначає рівень дефіциту води, та якісний, що характеризує відповідність природної води вимогам певного виду використання. Комбінація цих двох складових дає можливість прогнозувати потенційні водогосподарські проблеми, враховуючи співвідношення попиту й пропозиції. Таким чином, інтегральний індикатор водного дефіциту WSq є комплексним показником, який визначає обсяг доступної якісної води, необхідної для забезпечення конкретних видів водокористування.

Першим етапом у розрахунку індикатора WSq є проведення екологічної оцінки стану природних вод для конкретного виду водокористування. Ми брали оцінку для водної екосистеми в цілому, а також для риборозведення (у спортивних цілях, не як промисловість). Для оцінювання екологічного стану було обрано показники якісного стану як БСК₅, вміст розчиненого кисню у воді. Зокрема, показник біологічного споживання кисню у воді (БСК₅) необхідний для розрахунку індикатора водного дефіциту для водної екосистеми в цілому. Вміст розчиненого кисню у воді обраний як якісний показник для розрахунку водного дефіциту для водної біоти як гідробінти, зокрема риби.

Наступним етапом є безпосередній розрахунок індикатора WSq. Для цього застосовано методику, запропоновану van Vliet, M.T.H., Flörke, M., Wada, Y. (2017) [42]. Її відмінністю є можливість інтеграції якісних показників стану води у процес визначення кількісних характеристик чистої води, необхідної для конкретного виду водокористування.

У межах цього дослідження зазначену методику [42] було адаптовано до умов оцінювання Київського водосховища [8].

Індикатор WSq (Water Scarcity including quality) розраховується як відношення обсягів галузевого водозабору прийнятної якості до загальної доступної кількості води, згідно з формулою (3.1):

$$WSq = \frac{\sum_{j=1}^n (D_j + dq_{ij})}{Q} \quad (3.1)$$

де: WSq – дефіцит води з урахуванням якості (безрозмірна величина); D_j – загальне споживання води у секторі j , що визначається для кожного виду водокористування окремо ($\text{км}^3/\text{рік}$); $dq_{i,j}$ – додаткова кількість чистої води, необхідна для розбавлення забрудненої води до нормативного рівня якості для сектору j , з урахуванням забруднювача i ($\text{км}^3/\text{с}$) – розрахункова величина.

Величина $dq_{i,j}$ визначається на основі стандартів якості води за формулою (3.2):

$$dq_{i,j} = \begin{cases} 0, & \longrightarrow C_i \leq C_{\max i,j} \\ \left(\frac{Q * C_i}{C_{\max i,j}} - Q \right), & \longrightarrow C_i > C_{\max i,j} \end{cases} \quad (3.2)$$

де: C_i – фактична концентрація i -го показника якості води для певного виду водокористування (одиниця вимірювання залежить від параметра); $C_{\max i,j}$ – це максимально допустиме (нормативне) значення i -го показника якості води для певного сектору або виду водокористування (одиниця вимірювання залежить від конкретного параметра якості води).

Q – загальний обсяг води у водному об'єкті (км^3).

Якщо фактична концентрація i -го показника (забруднювача) не перевищує встановлені нормативні значення, тоді $dq_{i,j} = 0$.

Якщо ж концентрація i -го показника перевищує норматив, величину $dq_{i,j}$ визначають за наведеною вище формулою.

У випадках, коли якість води вважається кращою за умови перевищення нормативного значення i -го показника, розрахунок $dq_{i,j}$ також здійснюється за умовою $C_i > C_{\max i,j}$, використовуючи ту саму формулу.

Усі обчислення виконувалися у програмному середовищі Microsoft Excel. Градація індикатора WSq (Water Scarcity including quality) наведена у таблиці 3.1 [8, 42].

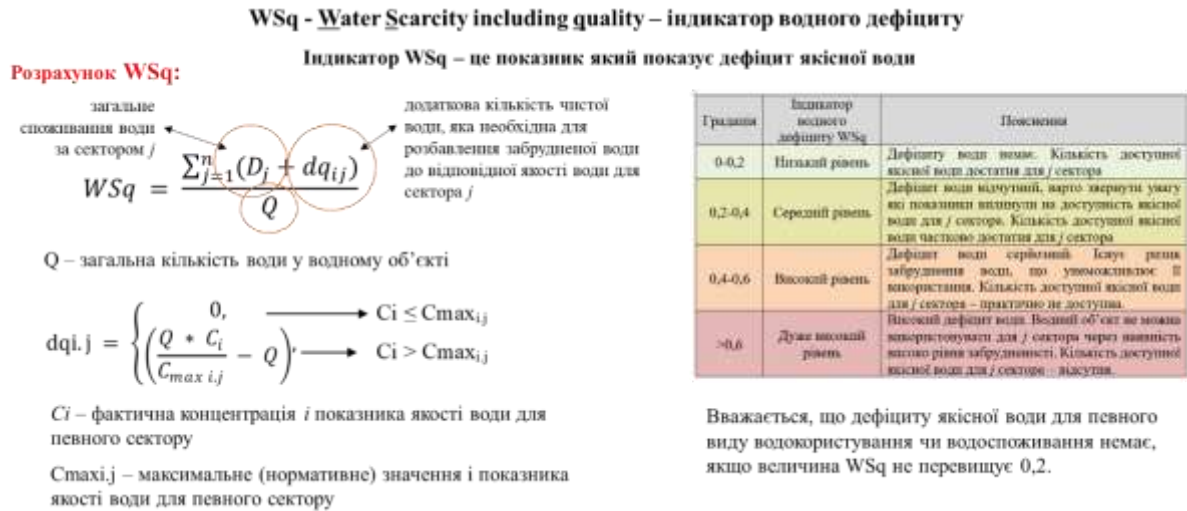


Рис. 2.4. Схематичне зображення алгоритму розрахунку індикатора водного дефіциту [8].

Таблиця 3.1.

Інтерпретація результатів індикатора водного дефіциту WSq [8, 42]

Індикатор WSq	Рівень дефіциту води	Пояснення	Кольорова інтерпретація
0–0,2	Низький рівень	Дефіцит води відсутній. Кількість доступної якісної води достатня для забезпечення потреб сектору j .	Зелений
0,2–0,4	Середній рівень	Відчутний дефіцит води. Необхідно звернути увагу на показники, що впливають на доступність якісної води. Доступна кількість лише частково забезпечує потреби сектору j .	Жовтий
0,4–0,6	Високий рівень	Рівень дефіциту води значний. Існує ризик забруднення, що унеможливує використання води для більшості потреб. Кількість придатної води — мінімальна.	Оранжевий
>0,6	Дуже високий рівень	Критичний рівень дефіциту. Водний об'єкт не придатний для використання у секторі j через високу забрудненість. Доступної якісної води немає.	Червоний

Індикатор WSq (Water Scarcity including quality) відображає обсяг якісної води, необхідної для задоволення потреб певного сектора або виду водокористування. Чим менше значення WSq, тим вища придатність водного об'єкта до використання – це означає, що кількість води належної якості є достатньою, а дефіцит води залишається низьким.

Навпаки, збільшення значення WSq свідчить про зростання рівня водного дефіциту. Це означає, що для забезпечення потреб певного сектора потрібна додаткова кількість чистої води, необхідна для розбавлення забрудненої води до нормативних або безпечних меж, які дозволять прогнозовано використовувати цей водний об'єкт за призначенням.

Таким чином, індикатор WSq є універсальним критерієм, що поєднує кількісну й якісну складову водних ресурсів, дозволяючи оцінити ступінь придатності водойми для різних видів діяльності – від господарсько-побутового до рибогосподарського чи зрошувального водокористування [8, 42].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналіз причинно-наслідкових зв'язків евтрофікації Київського водосховища

Евтрофікація Київського водосховища досить відоме явище, починаючи з 2000 років. Її негативний вплив проявляється в першу чергу на саморегулюючі та самовідновлювальні процеси водної екосистеми, функціонування водної біоти та погіршення показників якості води для рекреаційних й питних цілей.

На процеси евтрофікації впливають як природні, так і антропогенні фактори. Відповідно до проведеного теоретичного аналізу та синтезу наукової літератури, а також під час польових досліджень, нами були виокремлені основні природні (рис. 3.1а) та антропогенні чинники (рис. 3.1б), що вплинули на посилення процесів евтрофікації в Київському водосховищі.



Рис. 3.1а. Природні чинники впливу на процеси евтрофікації в Київському водосховищі



Рис. 3.1б. Природні чинники впливу на процеси евтрофікації в Київському водосховищі

З огляду на рисунки, можемо відзначити, що військова діяльність (руйнування дамб) вплинула на надходження до Київського водосховища поживних речовин через розлив води на сільськогосподарські поля та приватні присадибні ділянки, з яких поживні речовини надійшли до водойми. Також, під час польових досліджень нами було виявлено чимало мертвої риби поблизу с. Лютіж і там же багато покришок та рибаків.

Сільськогосподарська діяльність (дифузний тип забруднення), що зосереджена переважно з лівої сторони (від с. Нові Петрівці і уверх) внесла значний внесок у погіршення параметрів якості води. Зокрема приватні присадибні ділянки, на яких без контролю використовують мінеральні та органічні добрива, засоби захисту рослин від бур'янів та шкідників і захворювань – все це спричинило накопичення поживних речовин у ґрунтах, і в результаті водної чи вітрової ерозії вони могли надійти до водойми. Зважаючи на те, що є місце де зовсім відсутнє дотримання вимог прибережної зони, розораність полів знаходиться поблизу до водойми, інколи поле від водойми знаходиться на відстані 2-3 метрів.

Промислова діяльність (точковий тип забруднення), як підприємства, вносять свій внесок у забруднення водойми через скид неочищених або недостатньо очищених стічних вод. Найбільший внесок від них складає фосфорне забруднення, оскільки стічні води містять багато фосфору що надходить зі стічними водами від житлово-комунальних господарств.

Природні фактори, що є внеском у евтрофікацію водойми, досить важко аналізувати, маючи короткі наукові дослідження. Це потребує досліджень в часі та в динаміці, оскільки головними природними факторами є зміна температурного режиму та надходження опадів у водойму.

Отже, до основних причинно-наслідкових зв'язків що породжують проблему евтрофікації водойми віднесено:

1. Причина – сільське господарство, наслідки – прямі, через ерозійні процеси відбувається надходження поживних речовин у воду, або так званих біогенних речовин, що є джерелом живлення синьо-зелених водоростей, які і є фактом евтрофікації водойми.

2. Причина – військова діяльність, наслідки – непрямі, через руйнування дамб відбувається розлив води на території що оброблялися чи були у сільськогосподарському використанні, відповідно відбувається надходження біогенних та інших неорганічних та органічних речовин до водойми.

3. Промислова та урбаністична діяльність – прямі, через скид неочищених або недостатньо очищених стічних вод у водойму. Варто зазначити, що в результаті війни також багато очисних станцій були зруйновані, деякі очисні станції потребують серйозної модернізації.

3.2. Розрахунок індикатора водного дефіциту WSq для водної екосистеми водойми

Розрахунок індикатора водного дефіциту для водної екосистеми базується на використанні показників якісного стану (біологічне споживання кисню за 5 діб) та показників кількісного стану Київського водосховища. Біологічне споживання кисню (BCK_5) є ключовим індикатором якісного стану води, за яким можна визначити ступінь забруднення води, а також який демонструє наявність достатньої чи недостатньої кількості кисню у воді для нормального функціонування всієї водної екосистеми. Варто відзначити, що є інші досить вагомні показники якісного стану води як рівень кисню у воді та насиченість води киснем. Проте ці показники є найбільш критичними для оцінювання водойми з метою визначення чи нормальне буде функціонування і розмноження риб у водоймі. Цей показник якості води нами використано для розрахунку дефіциту води для риб (розділ 3.3).

Показник біологічного споживання кисню у воді (BCK_5) не повинен перевищувати його гранично допустиму концентрацію, тобто бути не більшим за $3,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку водного дефіциту та розрахунок загальної кількості води (Q , км^3) у Київському водосховища

Показник	Величина	Значення
Загальна кількість води у водоймі	Q , км^3	3,7
Загальне споживання води за сектором j , у нашому випадку для водної екосистеми	D , км^3	1,2
Максимальне (нормативне) значення і показника BCK_5	$Staxi,j$, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	3,0
Фактична концентрація і показника якості води для певного сектору (водної екосистеми), беруться усереднені дані для водойми	Si , $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	27,0

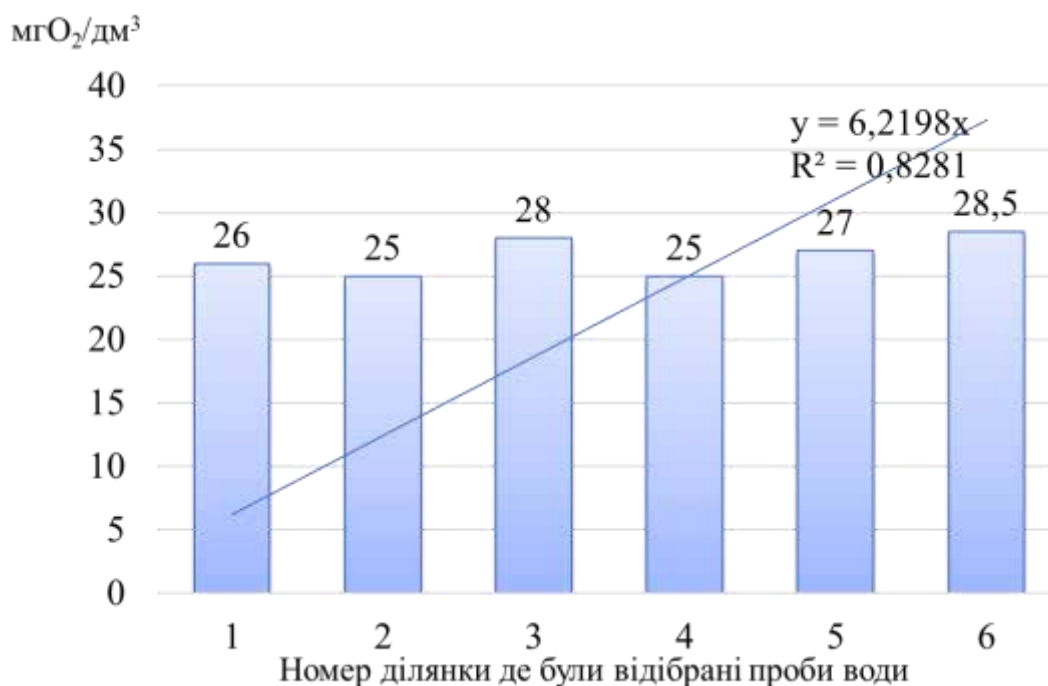


Рис. 3.1. Результати дослідження за показником біологічного споживання кисню за 5 діб (результати за 2025 рік)

Відбір проб води проходив у жовтні 2025 року. Під час забору води температура повітря становила в межах 13-14°C, температура води була – 6-7,5°C. Температуру води визначали портативним приладом EZODO. Опадів не спостерігалось близько 10 днів до забору води. Погода була ясною, з незначним вітром зі швидкістю до 1 м/сек. Вище зазначені показники впливають на концентрацію вмісту БСК₅ у воді, оскільки від опадів та температури повітря залежить біологічні процеси розкладу органічної речовини, що потрапляє у воду. Аналіз проб був зроблений в акредитованій лабораторії PLT згідно із договором №3541.

За результатами дослідження, середні значення БСК₅ становлять 27,0 мгО₂/дм³. Оптимальні значення мають знаходитися в межах 3,0 мгО₂/дм³. Отримані результати свідчать про органічне забруднення води і відповідно ця ситуація може зменшити властивості водойми до самовідновлення, вплинути на функціонування гідробіонтів та інших водних організмів.

Нижче наводимо графіки з розрахунку водного дефіциту для Київського водосховища для водної екосистеми в цілому. Всі розрахунки проводилися в *Excel* файлі.

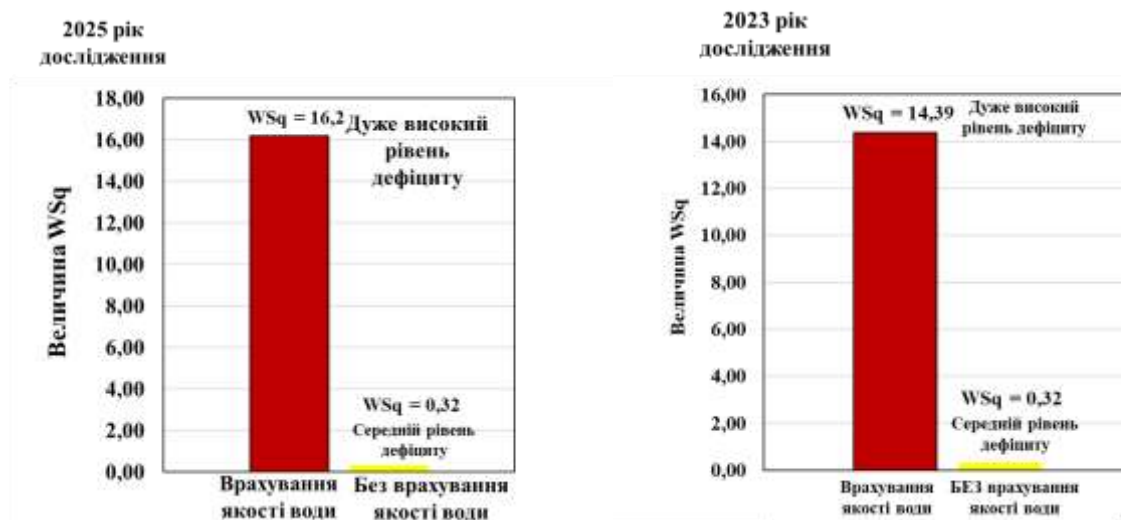


Рис. 3.2. Розрахунок індикатора водного дефіциту WSq для водної екосистеми (2025 рік – власні дослідження, 2023 рік – дослідження з [8])

За 2025 рік дослідження проводилися нами, за 2023 рік – дослідження проводилися авторами і ми можемо бачити різницю і індекси. Зокрема індекс за два роки збільшився, це означає що якість води погіршилася і ситуація стала ще більш критичною.

Варто зазначити, що завищені значення показника біологічного споживання кисню у водоймі Київського водосховища є свідченням постійного органічного та біогенного забруднення водойми.

3.3. Розрахунок індикатора водного дефіциту WSq для нормального функціонування риб у водоймі

Для розрахунку індикатора водного дефіциту для риб, нами зроблений аналіз показника вмісту розчиненого кисню у воді (рис. 3.4). Відповідно із оптимальними значеннями для риб категорії коропові [8], значення показника має бути не менше $5,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Обрана категорія риб коропових, окуневих, щук, оскільки їх популяція у Київському водосховищі є найбільш поширеною [8].

Зокрема оптимальні умови щодо різних категорій представлені на рисунку 3.3а-б. Як бачимо кожна категорія риб має свої фізіологічні особливості до пристосування до водойми з певним рівнем кисню і відповідно вони адаптуються по різному. Саме тому нами окремо проведений розрахунок індикатора водного дефіциту для категорій риб.

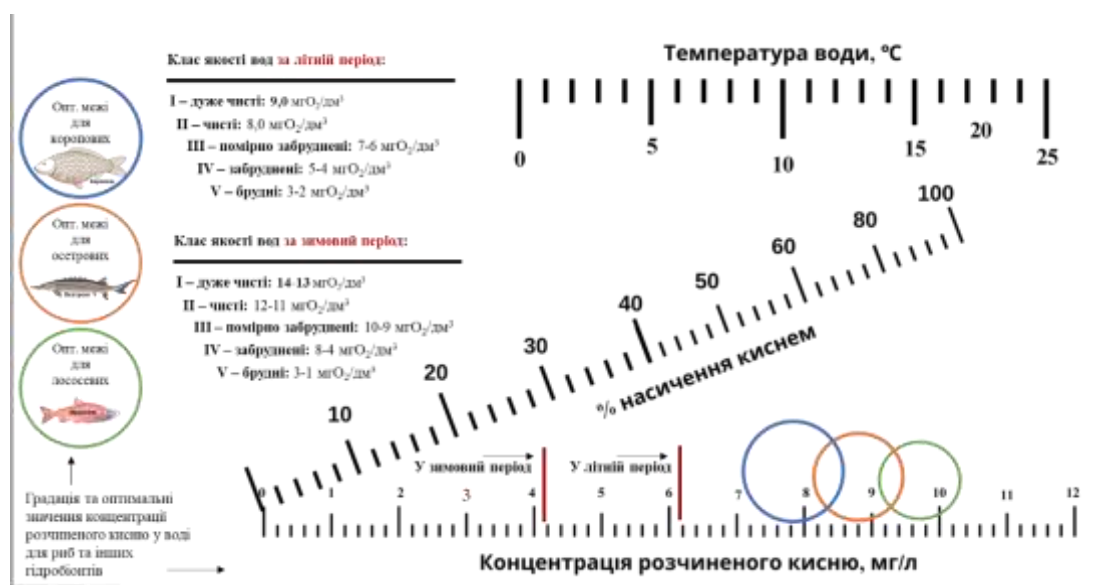


Рис. 3.3а. Адаптація риб до концентрації розчиненого кисню у воді [8]

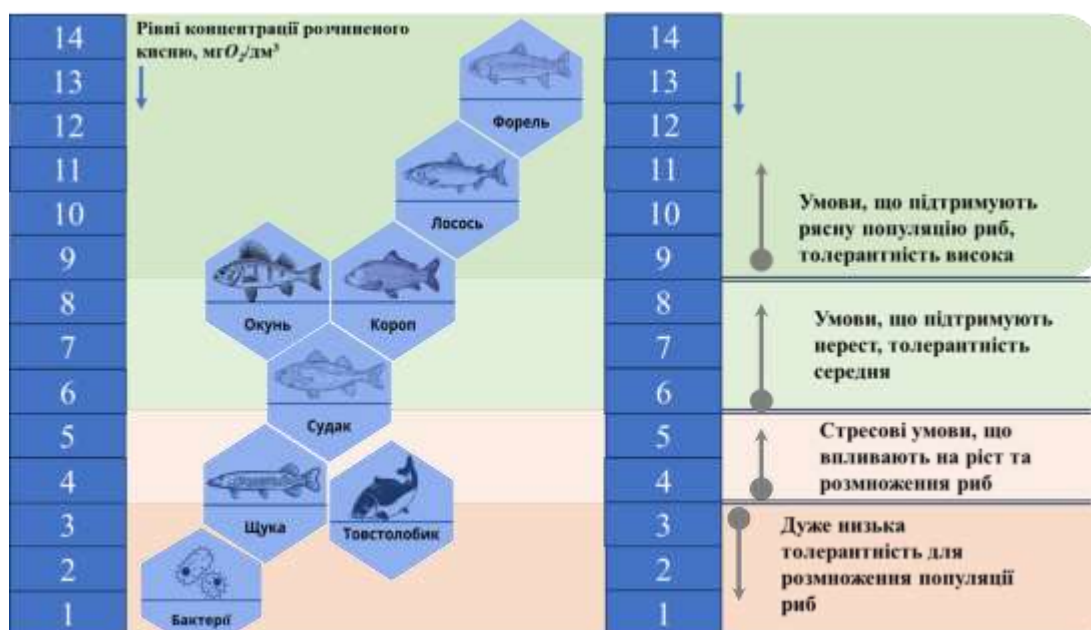


Рис. 3.3б. Адаптація риб до концентрації розчиненого кисню у воді [8]

За результатами наших досліджень, встановлено, що вміст показника вмісту розчиненого кисню у воді становить менше його оптимального значення. Загалом, це явище підтвердило вищенаведений факт про можливе органічне забруднення за показником БСК₅ (розділ 3.2). Низький вміст кисню може бути зумовленим наявністю біогенних речовин та синьо-зелених водоростей у водосховищі.

Враховання показника якості води, як вміст розчиненого кисню для розрахунку індикатора водного дефіциту є науково обґрунтованим [8]. Зокрема для гідробіонтів найсуттєвішим індикатором у воді є наявність кисню. Саме тому нами і було обрано цей показник для розрахунку. В таблиці 3.2 наведені вихідні дані для розрахунку індикатора водного дефіциту для Київського водосховища, враховуючи якісний показник як вміст розчиненого кисню.

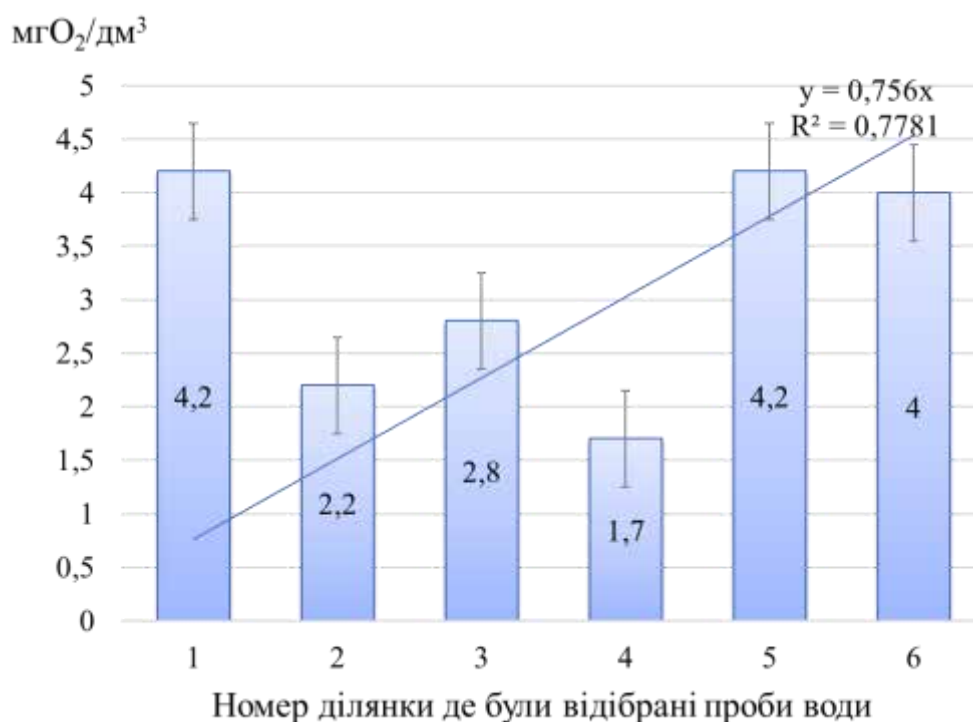


Рис. 3.4. Результати дослідження за показником вмісту розчиненого кисню у воді (результати за 2025 рік)

Таблиця 3.2

Вихідні дані для розрахунку водного дефіциту та розрахунків загальної кількості води (Q , км³) у Київському водосховищі за показником вмісту розчиненого кисню у воді

Показник	Величина	Значення
Загальна кількість води у водоймі	Q , км ³	3,7
Загальне споживання води за сектором j , у нашому випадку для водної екосистеми	D , км ³	1,2
*Оптимальне значення і показника розчиненого кисню у воді для категорій риб [8]:		
• судак	$S_{maxi,j}$, мгО ₂ /дм ³	5,0
• окунь		6,5
• коропові		5,0
• щука, товстолобик		1,5
Фактична концентрація і показника якості води для певного сектору (для гідробіонтів), беруться усереднені, базуючись на результатах дослідження (рис. 3.3)	C_i , мгО ₂ /дм ³	3,2

*Оптимальне значення вмісту розчиненого кисню у воді для різних категорій риб – значення показника означають, що вміст кисню дозволяє цій категорії риб нормально функціонувати.

За проведеними розрахунками, нами побудовані візуальні графіки (рис. 3.5).



Рис. 3.4. Розрахунок індикатора водного дефіциту WSq для водної екосистеми з метою використання її для розведення риб (2025 рік – власні дослідження)

Як бачимо, індикатор водного дефіциту є різним для категорії риб. Зокрема високий рівень водного дефіциту буде для риб як окуневі, судак, коропові. У воді, яка містить такий вміст розчиненого кисню їм буде некомфортно розвиватися, можлива гіпоксія у риб та мор риб, якщо буде надалі відбуватися внесення біогенних та органічних речовин до водойми. Ще однією причиною чому саме для цих риб, це їхня фізіологічна особливість пристосовуватися до життя у водах, які є збагачені рівнем кисню, тобто у водах з концентрацією кисню меншою за $5,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, у риб може розпочатися гіпоксичні реакції що призведуть до їхньої загибелі.

Проте, варто зазначити, що такі риби як щука та товстолобик здатні нормально розмножуватися і існувати у водній екосистемі при наявності у ній кисню менше за $5,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, вони здатні вижити навіть при вмісті $1,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Саме тому, індикатор водного дефіциту має середній рівень, а не високий.

Проте у майбутньому ситуація може змінитися у бік погіршення. Це є свідченням того, що навіть не враховуючі показник якості води, індикатор

водного дефіциту для всіх категорій риб має середній рівень. Ця ситуація може бути пов'язані із кількісними показниками водосховища, як загальна кількість води водойми. З роками вчені спостерігають, що рівень води у водосховищі знижується. Це може мати суттєвий вплив на рівень водного дефіциту водойми.

ВИСНОВКИ

В ході проведеного теоретичного аналізу наукових здобутків вчених та синтезу міжнародних наукових статей, нами виокремлено, що ключовими чинниками що впливають на якісний стан природних вод є точкові (скид неочищених стічних вод від ЖКГ та промисловості) та дифузні джерела (сільськогосподарська діяльність).

Визначено, що до основних причинно-наслідкових зв'язків що породжують проблему евтрофікації в Київському водосховищі є: сільське господарство (прямий вплив, відбувається через ерозійні процеси, які спостерігали на лівому березі водосховища); військова діяльність (непрямий вплив, що відбувається через руйнування дамб); промислова та урбаністична діяльність (прямий вплив через скид неочищених або недостатньо очищених стічних вод у водойму).

Оцінюючи Київське водосховища за показниками кисневого балансу встановили: (1) вміст біологічного споживання кисню у водоймі перевищує оптимальні значення і є свідченням органічного забруднення ($BCK_5 = 25,-28,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ при оптимальному значенні не більше $3,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$); (2) вміст розчиненого кисню у воді водосховища становив нижче оптимальних значень для категорій риб ($1,7-4,2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ за оптимального значення більше $5,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$).

Розрахунок індикатора водного дефіциту з врахування кісного показника BCK_5 для водойми показав, що рівень водного дефіциту є дуже високим ($WSq = 16,2$ за оптимального значення до $0,2$). Свідченням такого результату є наявність органічного забруднення та активних біологічних процесів, які ми могли спостерігати під час забору проб води.

Розрахунок індикаторів водного дефіциту для різних категорій риб показав, що для нормального розвитку окуневих, судака та коропових риб водойма водосховища є не придатною, оскільки рівень водного дефіциту знаходиться від високого до дуже високого ($WSq = 0,66-0,81$ за оптимального значення до $0,2$).

Список літератури

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html> (дата звернення: 23.03.2025)
2. Stokal V. P. Anthropogenic load on the state of water and land resources: problems of local territories of Ukraine. *Scientific and practical journal «Balanced nature management»*. 2020. No 2. 119–128 URL: <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/208822/213059>.
3. Stokal V. P., Kurochka T. L. Management of the Dniprovsk basin in the conditions of nitrate pollution. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «Environmental Problems of the Environment and Environmental Management in the Context of Sustainable Development». Poltava. Poltava State Agrarian Academy. 2020. С. 61–64.
4. Li A., Stokal M., Bai Z., Kroeze C. & Ma L. How to avoid coastal eutrophication – a back-casting study for the North China Plain. *Science of The Total Environment*. 2019. 692. 676–690. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.306>.
5. Nazarov N., Cook H. F., & Woodgate G. Water pollution control issues in an independent Ukraine. *Water and Environment Journal*. 2000. 14(2), 117–123. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2000.tb00237.x>.
6. Рябець К. А. Формування сутності поняття водне господарство України: наукові, політичні, правові чинники. Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. Серія: Державне управління, 2018. (3), 19–25. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnaddy_2018_3_5.
7. Білоконь В. Стратегічні підходи до формування водної політики України. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів. 2018. URL:

https://eco-forum-lviv.com.ua/wp-content/uploads/2018/10/1_6-Bilokon.pdf

(дата звернення: 23.03.2025).

8. Строкаль В. П., Куровська А. В. Інтегральне оцінювання екологічного стану води Київського водосховища: монографія / В. П. Строкаль, А. В. Куровська. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2024. 225 с.

9. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л., Чунар'юв О. В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона: навчальний посібник // за ред. В. К. Хільчевського. Київ: ВПЦ «Київський університет». 2015. 172 с.

10. Терент'єв Ю. О. Звіт про результати дослідження загальнодержавного ринку м'яса курячого 2016–2018 роки. Антимонопольний комітет України. 2019. 81 с. URL: <https://amcu.gov.ua/storage/app/sites/1/%20%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0.pdf> (дата звернення: 23.03.2025).

11. Stokal M., Kroeze C. Nitrogen and phosphorus inputs to the Black Sea in 1970–2050. *Regional Environmental Change*. 2013. 179–192. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-012-0328-z>.

12. Miladinova S., Macias D., Stips A., & Garcia-Gorriz E. Identifying distribution and accumulation patterns of floating marine debris in the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 2020. 153. 110964. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110964>.

13. Yakymenko A. N. Radiation Monitoring of the Surface Waters of the Kyiv Region. *Hydrobiological Journal*. 2013. Vol. 49, Issue 6. pp. 80–85. DOI: 10.1615/HydrobJ.v49.i6.80.

14. Hooda P. S., Edwards A. C., Anderson H. A., & Miller A. (). A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Science of the total environment*, 250(1-3), 2000. 143-167. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00373-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00373-9)

15. Kozyra Jerzy, Grekov V. O., Krakovskaya S. V. Final report of the task of the Clima East Expert Support Service CEEF2016–083–UA «Development of the concept of the national policy of adaptation of agriculture of Ukraine to climate change». Clima East. 102. 2017. URL: http://1067656943.n159491.test.prositehosting.co.uk/wp-content-sec/uploads/2017/05/CEEF-083-UA-final-report-UKR_v7.pdf (дата звернення: 23.05.2025).

16. Під впливом стихії: міграція кліматичних зон України на північ, сонячні аномалії. Інформаційно–аналітичні новини. Landlord Agricultural News Site, 2019. URL: <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-ia-k-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini/> (дата звернення: 25.05.2025).

17. Голубцов О., Біатов А., Селіверстов О., Садогурська С. Вода близько: підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату (повний звіт за результатами дослідження). Центр екологічний ініціатив «Екодія». URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/11/voda_blyzko_report_full-c.pdf (дата звернення: 23.03.2025).

18. Impacts of Climate Change – Ukraine: the report by the Met Office Hadley Centre on behalf of the Foreign & Commonwealth Office. Met Office. 2010. URL: <http://www.climateinfo.org.ua/library/Climate-change-report-Ukraine-eng.pdf> (дата звернення: 12.03.2025).

19. Стихійні метеорологічні явища на території України протягом останніх 20 років (1986–2005 рр.); за ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабійченка. Київ: Ніка–Центр. 2006. 312 с.

20. Serdiuk V. V., Maksin V. I. Challenging in environmental monitoring of groundwater quality in rural areas of Kyiv’s region. *Journal of water and water purification technologies. Scientific and technical news*. 2020. № 2(27). DOI: 10.20535/2218–93002722020203178.

21. Stokal V. P., Kovpak A. V. The basin approach for water resources management in Ukraine: the SWOT analysis. *Scientific journal «Biological Systems: Theory and Innovation»*, 2020. Том 11(4). p. 35–56. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.04.004>.

22. Степова О., Рома В. Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. С. 93–97.

23. Hnativ R., Cherniuk V., Khirivskyi P., Kachmar N., Lopotych N., Hnativ I. Processes of natural self-cleaning of small watercourses with increasing anthropogenic load in the Dniester River basin. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. №24(2), 12–18. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/156914>.

24. Водна стратегія України на період до 2050 року: Схвалено розпорядженням КМ України від 9.12.2022 р. № 1134. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 18.03.2025).

25. Технічний звіт: опис характеристик району басейну річки Дніпро / Проект «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства: Результати 2 і 3 (ENI/2016/372–403)», 2020. 40 с. URL: https://euwipluseast.eu/images/2020/01/PDF/EUWI_UA_Dnipro_Characteristic_Summary_UA_2020.pdf (дата звернення: 27.03.2025).

26. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : підручник. Київ : Ніка–Центр. 2001. 264 с.

27. Осадча Н. М., Ухань О. О., Чехній В. М., Голубцов О. Г. Оцінка емісій біогенних елементів та органічних речовин у поверхневій воді басейну річки Сіверський Донець від дифузних джерел. Київ: Ніко–центр, 2019. С. 192–201.

28. Формування вмісту та розподіл сполук фосфору у річках Тернопільщини – притоках Дністра у зв'язку із ступенем антропогенного навантаження. Грубінко Василь, Скиба Олена. URL:

https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/55-59_19.pdf (дата звернення: 27.07.2025).

29. Юрченко В. О., Радіонов М. П., Мельнікова О. Г. Кінетичні характеристики нітрифікації у водоймі – джерелі питного водопостачання. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2019. Випуск 1 (24) том 1. С.121–126. URL: http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/1/part_1/23.pdf.

30. Дмитрієва О. О., Колдоба І. В., Хоренжая І. В. Концептуальні напрями дослідження умов життя населення в зоні евтрофованих водних об'єктів. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2019. Випуск 4 (27). С. 134–145. URL: <http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/4/22.pdf>.

31. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України / Офіційний сайт Державного управління водними ресурсами України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 27.03.2024).

32. Інтерактивна карта забрудненості річок в Україні на основі даних Державного агентства водних ресурсів. URL: <https://texty.org.ua/water/> (дата звернення: 17.02.2025).

33. Хільчевський В. К. Значення річок Дніпра і Десни у водопостачанні Києва – до 150-річчя київського централізованого водопроводу (1872–2022 роки). *Науковий збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»*. 2022. № 2 (64). С. 6–21.

34. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Великі і малі водосховища України: регіональні та басейнові особливості поширення. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 2 (60). DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1>

35. Строкаль В. П., Ковпак А. В. Екологічний стан природних вод суббасейну Верхнього Дніпра та Десни: показники якості води і можливі причини їх погіршення. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2021. 12(2). С. 24–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.02.003>.

36. Михайлик О. О. Дніпрові береги Києва: розвиток і трансформація в часі. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2021. (16). 103–108. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-13](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-13).

37. Zhezherya V. A., Zhezherya T. P., & Linnik P. M. Nutrients in the Water of the Reservoirs of the Dnieper Cascade after the Dnieper River Regulation. *Hydrobiological Journal*. 2022. 58(2). URL: <https://www.dl.begellhouse.com/journals/38cb2223012b73f2,790257213a0b715f,6fba1b3f6d3d87d3.html>.

38. Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища / Колектив авторів; за редакцією В.М. Тімченка. Київ: Ін-т гідробіології НАН України, 2013. 60 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/312529517_ABIOTICNI_KOMPONENTI_EKOSISTEMI_KIIVSKOGO_VODOSHOVISA.

39. Строкаль В. П., Ковпак А. В. Вплив антропогенного навантаження на водойми Київського водосховища (повідомлення 1: гідрологічний, геологічний та біологічний режими функціонування). *Науковий журнал «Біологічні системи: теорія та інновації»*. 2022. № 13(1–2). С. 59–68. DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/biologiya13\(1-2\).2022.006](http://dx.doi.org/10.31548/biologiya13(1-2).2022.006).

40. Шевченко Р. Ю. Географія довкілля та природокористування в топоніміці м. Києва. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, 2021. 3(36). С.110–116. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.17>.

41. Щербак В. І. Сукцесія фітопланктону Київського водосховища та оцінка його транскордонної ділянки. *Гідроекологія*. 2015. № 3–4 (64). С.757–760. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/5946/1/Scherbak.pdf>.

42. van Vliet M. T., Flörke M., & Wada Y. Quality matters for water scarcity. *Nature Geoscience*. 2017. 10(11), 800–802. URL: <https://www.nature.com/articles/ngeo3047>.

43. Viman, O. V., Oroian, I., & Fleşeriu, A. (2010). Types of water pollution: point source and nonpoint source. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 3(5), 393-397.

Додатки





Постер



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Магістерська кваліфікаційна робота

Оцінка водного дефіциту для Київського водосховища за впливу різних небезпек та загроз

Факультети захисту рослин, біотехнологій та екології

Виконав:
Давиденко Олексій Володимирович

Спеціальність: 101 Екологія
 Освітня програма: Екологія та охорона навколишнього середовища

Кафедра екології агросфери та екологічного контролю

Керівник:
Строкаль Віта Петрівна

Доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю, кандидат педагогічних наук, доцент

Актуальність:



Мета роботи:

Оцінити якість та кількісний стан Київського водосховища для визначення ступеня водного дефіциту.

Об'єкт та предмет:

Об'єкт дослідження – визначити індикатори водного дефіциту водойми Київського водосховища з врахуванням показників місцевого балансу.
 Предмет дослідження – якість та кількісні показники екологічного стану водойми.

Завдання роботи:

- Виявити причинно-наслідкові зв'язки точкового та дифузного забруднення Київського водосховища.
- Оцінити стан Київського водосховища за показниками місцевого балансу.
- Розрахувати індикатор водного дефіциту для різних категорій риб та для самої водної екосистеми в цілому.

Завдання 1

Причинно-наслідкові зв'язки точкового та дифузного типів забруднення



Результати дослідження:

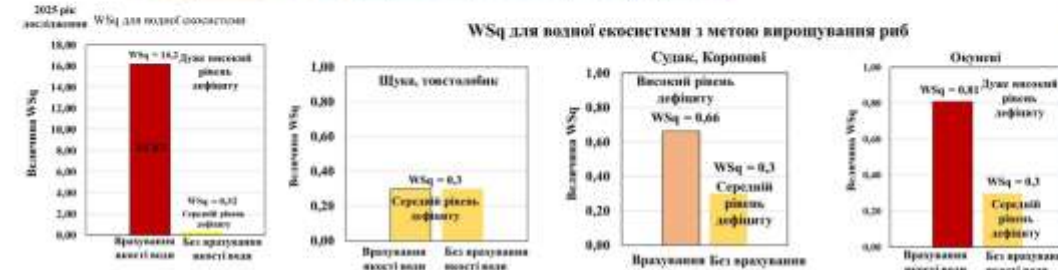
Завдання 2

Показники кисневого балансу води



Завдання 3

Розрахунок індексів водного дефіциту



Висновки:

- Оцінює Київське водосховище за показниками місцевого балансу екосистеми: (1) якість біологічного споживача квітло у воді (він не перевищує оптимального значення і є збалансованим органічного забруднення (БСК₅ = 25, 28,5 мгО₂/дм³ при оптимальному значенні не більше 3,0 мгО₂/дм³); (2) якість розчиненого кисню у воді водосховища становить тілес - оптимальних значень для категорій риб (1,7-4,2 мгО₂/дм³ за оптимального значення більше 5,0 мгО₂/дм³).
- Розрахунок індикатора водного дефіциту з врахуванням місцевого балансу БСК₅ для водної екосист. що якість водного дефіциту є дуже високою (WSq = 16,2 за оптимального значення до 0,2). Свідченням такого результату є наявність органічного забруднення та активних біологічних процесів, які ми можемо спостерігати від час збору проб води.
- Розрахунок індикатора водного дефіциту для різних категорій риб показав, що для максимального розвитку осунули, судака та коропки риб водойми водосховища є не придатною, оскільки рівень водного дефіциту змінюється від високого до дуже високого (WSq = 0,66-0,81 за оптимального значення до 0,2).