

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ОХТИРСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

Освітньо-професійна програма ЕКОЛОГІЯ

КУРСОВА РОБОТА

З дисципліни «Загальна екологія»

на тему: «Кількісний аналіз трофічної мережі екосистеми річки
Охтирка в межах м. Охтирка»

Виконала: студентка II курсу, 39 групи
галузі знань 10 Природничі науки
спеціальності 101 Екологія
Мар'яна БЕРЛИМ

Керівник - викладач
Валентина ФЕДЕНКО

Оцінка за національною шкалою

Члени комісії

	Наталія КОШЕЛЬ
(підпис)	
	Анна КОГУТ
(підпис)	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ОХТИРСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

Відділення Агротехнологій та природокористування
Освітньо-кваліфікаційний рівень фаховий молодший бакалавр
Шифр та найменування галузі знань 10 Природничі науки
Освітньо-професійна програма Екологія
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова ЦК загальноосвітніх дисциплін

_____ Наталія ЧИКАЛОВА
«_____» _____ 2025 р

ЗАВДАННЯ
на курсову роботу з дисципліни
„Загальна екологія”
студентці 2 курсу 39 групи

Тема роботи: «Кількісний аналіз трофічної мережі екосистеми
річки Охтирка в межах м. Охтирка»

1. Опрацювання літературних джерел з питань трофічної структури водних екосистем і методів кількісного аналізу трофічних мереж, характеристика об'єкта дослідження (екосистема р. Охтирка в межах м. Охтирка), визначення основних трофічних груп і типових представників;

2. Встановлення трофічних зв'язків та побудова схеми трофічної мережі екосистеми р. Охтирка, проведення кількісного аналізу (S, L, C, K), оцінка антропогенного впливу та формулювання висновків і пропозицій щодо покращення екологічного стану річки.

Дата видачі завдання «_____» _____ 2025 р.

Керівник курсової роботи _____ Валентина ФЕДЕНКО

Завдання до виконання прийняв студент(ка) «_____» _____ 2025 р.

Студент (ка) _____ Берлим М.

Розглянуто і схвалено на засіданні ЦК загальноосвітніх дисциплін

Протокол № _____ від _____

ЗМІСТ

ВСТУП	5
 РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРОФІЧНИХ МЕРЕЖ ЕКОСИСТЕМ.....	8
1.1. Екосистема як функціональна одиниця біосфери.....	8
1.2. Трофічна структура екосистеми: продуценти, консументи та редуценти.....	9
1.3. Трофічні ланцюги та трофічні мережі як основа перенесення енергії.....	10
1.4. Кількісні показники аналізу трофічних мереж.....	11
1.5. Особливості річкових екосистем у межах міста та вплив антропогенних факторів.....	13
 РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	14
2.1. Об'єкт і предмет дослідження.....	14
2.2. Характеристика ділянки дослідження.....	15
2.3. Умови проведення досліджень (період, сезонні особливості).....	16
2.4. Антропогенний вплив на досліджувану ділянку річки.....	17
2.5. Загальна схема організації дослідження	20
 РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ.....	21
3.1. Методика проведення досліджень.....	21
3.2. Видовий склад і трофічні групи екосистеми р. Охтирка.....	22
3.3. Встановлення трофічних зв'язків та побудова трофічної мережі.....	25

3.4. Кількісний аналіз трофічної мережі.....	26
3.5. Аналіз результатів та вплив антропогенних чинників на трофічну структуру.....	28
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

ВСТУП

Екосистеми прісних водойм є важливими природними комплексами, що забезпечують підтримання біорізноманіття, регулювання водного режиму територій, природне самоочищення води та формування сприятливих умов для життя людини. Одним із ключових елементів функціонування будь-якої екосистеми є трофічна структура, яка відображає взаємозв'язки між живими організмами, пов'язаними процесами живлення. Сукупність трофічних ланцюгів утворює трофічну мережу, яка визначає напрями перенесення енергії та речовини, а також впливає на стабільність, продуктивність і стійкість біоценозів до зовнішніх чинників.

Особливої актуальності набувають дослідження трофічних мереж у межах урбанізованих територій, адже річкові екосистеми в містах зазнають постійного антропогенного навантаження. До основних чинників впливу належать поверхневий стік з територій житлової забудови й доріг, локальні джерела забруднення, накопичення побутових відходів у прибережній зоні, зміна природної берегової лінії, замулення, порушення умов проживання водних організмів тощо. У результаті антропогенного впливу може змінюватися видовий склад флори і фауни, порушуватися природні механізми самоочищення водойм та спрощуватися трофічна структура екосистеми.

У сучасній екології дедалі більшої уваги набувають не лише описові характеристики екосистем, але й кількісні методи аналізу, що дозволяють об'єктивно оцінювати їхній стан. Саме кількісний аналіз трофічної мережі — визначення кількості трофічних рівнів, видового багатства, кількості зв'язків між організмами та показників зв'язності — дає можливість встановити, наскільки складною і стійкою є екосистема. Відомо, що чим більша різноманітність організмів та трофічних взаємодій, тим більша здатність екосистеми підтримувати рівновагу, компенсувати втрату окремих видів і протидіяти негативним впливам.

Дослідження проводилися на ділянці річки Охтирка в межах м. Охтирка у період середини–кінця вересня, що відповідає ранньоосінньому етапу функціонування водних екосистем.

Мета роботи — провести кількісний аналіз трофічної мережі екосистеми річки Охтирка в межах м. Охтирка та визначити її структурні особливості в умовах антропогенного впливу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

1. Розкрити теоретичні основи трофічної структури екосистем та поняття трофічної мережі.
2. Охарактеризувати особливості річкових екосистем і фактори, що впливають на їх функціонування у межах міста.
3. Визначити основні трофічні рівні в екосистемі річки Охтирка: продуцентів, консументів та редуцентів.
4. Встановити основні трофічні зв'язки між компонентами біоценозу та сформулювати схему трофічної мережі.
5. Розрахувати кількісні показники трофічної мережі (кількість видів/груп, кількість трофічних зв'язків, зв'язність мережі тощо).
6. Проаналізувати отримані результати та визначити можливий вплив антропогенних чинників на трофічну структуру екосистеми.
7. Запропонувати заходи, спрямовані на покращення екологічного стану річки Охтирка та збереження її біорізноманіття.

Об'єкт дослідження — екосистема річки Охтирка та її прибережна смуга в межах м. Охтирка.

Предмет дослідження — трофічні зв'язки між основними компонентами екосистеми та кількісні показники структури трофічної мережі.

У роботі використано такі методи дослідження: маршрутні спостереження на прибережній території, опис компонентів біоценозу,

узагальнення наукової літератури, порівняльний аналіз, кількісні розрахунки основних параметрів трофічної мережі та графічне моделювання (побудова схеми трофічної мережі).

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання результатів для оцінки екологічного стану річки в межах міста, формування природоохоронних рекомендацій, а також для підвищення екологічної свідомості населення та впровадження елементів екологічної освіти.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРОФІЧНИХ МЕРЕЖ ЕКОСИСТЕМ

1.1. Екосистема як функціональна одиниця біосфери

У сучасній екології поняття **екосистеми** є одним із базових, оскільки воно відображає єдність живої і неживої природи та механізми їх взаємодії. Термін «екосистема» був запропонований А. Тенслі у 1935 році та означає відносно стійку систему, що включає біоценоз (сукупність організмів) і біотоп (сукупність абіотичних умов), між якими відбувається обмін речовин і енергії.

Екосистема характеризується такими ключовими властивостями:

- *цілісністю* (усі компоненти пов'язані між собою);
- *структурністю* (наявність певних рівнів організації);
- *саморегуляцією* (здатність підтримувати динамічну рівновагу);
- *стійкістю* до зовнішніх впливів;
- *продуктивністю*, тобто здатністю утворювати органічну речовину.

Функціонування екосистеми забезпечується двома головними процесами:

1. потік енергії (переважно сонячної), що проходить через трофічні рівні;
2. кругообіг речовин, у якому органічні сполуки утворюються, перетворюються та мінералізуються.

Усі екосистеми (природні та антропогенно змінені) підпорядковуються загальним екологічним закономірностям. Найважливішими серед них є залежність від енергетичних надходжень, підтримання балансу між продукцією та розкладом органічної речовини, а також здатність біотичних компонентів пристосовуватися до коливань абіотичних факторів.

Особливу роль у стабільності екосистеми відіграють біотичні взаємозв'язки, які охоплюють конкуренцію, мутуалізм, паразитизм,

хижацтво та трофічні відносини. Саме на основі трофічних зв'язків формується «каркас» екосистеми — її трофічна структура, що визначає рух енергії і речовин.

1.2. Трофічна структура екосистеми: продуценти, консументи та редуценти

Однією з найважливіших характеристик екосистеми є її **трофічна структура** — система взаємозв'язків між організмами, які пов'язані між собою харчуванням. У межах трофічної структури виділяють три основні функціональні групи організмів: продуценти, консументи та редуценти.

Продуценти — це автотрофні організми, здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних за рахунок енергії Сонця (фотосинтез) або хімічних реакцій (хемосинтез). У водних екосистемах основними продуцентами є:

- фітопланктон (мікроскопічні водорості),
- макрофіти (вища водна рослинність: очерет, рогіз, ряска тощо),
- прибережні трави.

Саме продуценти формують первинну продукцію — кількість органічної речовини, створеної за одиницю часу.

Консументи — гетеротрофні організми, які споживають готову органічну речовину. Їх поділяють на декілька порядків (трофічних рівнів):

- консументи I порядку — рослиноїдні (зоопланктон, деякі молюски, личинки комах, трав'яїдні риби);
- консументи II порядку — дрібні хижаки (риби-хижаки невеликих розмірів, жаби, водяні хижі комахи);
- консументи III порядку — великі хижаки (щука, хижі птахи, ссавці тощо).

Важливою умовою стійкості екосистеми є різноманіття консументів, оскільки воно забезпечує розгалуження трофічних ланцюгів і кращу адаптацію до змін.

Редуценти (деструктори) — бактерії та гриби, що розкладають органічні рештки до неорганічних сполук, які знову можуть бути використані продуцентами. Значення редуцентів особливо велике у водних екосистемах, де активно накопичується детрит (відмерлі частини рослин, рештки організмів).

Таким чином, трофічна структура екосистеми включає продуцентів, консументів і редуцентів, взаємодія яких забезпечує потік енергії та кругообіг речовин. Узагальнену схему трофічної структури екосистеми наведено на рис. 1.

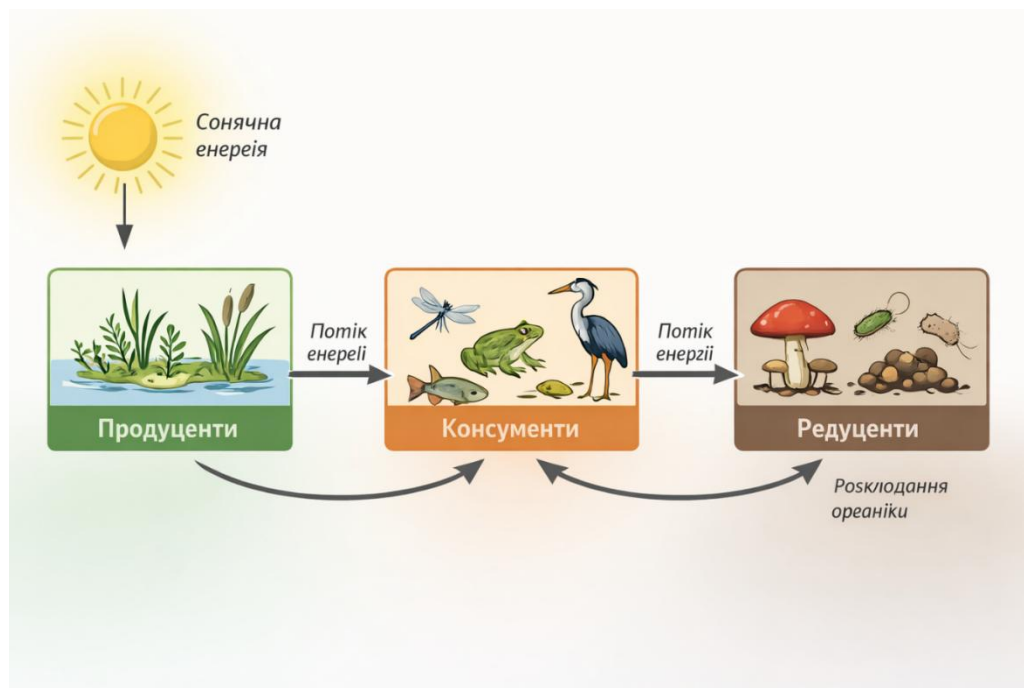


Рис. 1. Узагальнена схема трофічної структури екосистеми

Отже, трофічна структура екосистеми забезпечує зв'язок між синтезом органічної речовини, її споживанням та мінералізацією, підтримуючи безперервність кругообігу речовин.

1.3. Трофічні ланцюги та трофічні мережі як основа перенесення енергії

Трофічний ланцюг — це послідовність організмів, у якій кожний попередній є їжею для наступного. У водних екосистемах класичним

прикладом трофічного ланцюга є: фітопланктон → зоопланктон → дрібні риби → хижі риби.

В екології виділяють два основні типи ланцюгів:

1. пасовищний (гразинговий) — починається з живих рослин (продуцентів);
2. детритний — починається з мертвих органічних решток (детриту).

У реальних екосистемах більшість організмів не обмежуються одним джерелом живлення, тому трофічні ланцюги переплітаються та утворюють **трофічну мережу** — систему складних взаємозв'язків живлення, у якій один вид може бути частиною кількох ланцюгів одночасно.

Трофічна мережа більш повно відображає реальну структуру екосистеми. Вона дозволяє:

- оцінити стійкість біоценозу,
- визначити ключові види,
- встановити потенційні «вузли» (організми з найбільшою кількістю зв'язків).

Передача енергії у трофічних рівнях

Енергія в екосистемі передається з одного трофічного рівня на інший з істотними втратами. Згідно з екологічним «правилом 10%» (Ліндеман), до наступного рівня переходить близько 10% енергії, решта витрачається на процеси життєдіяльності або розсіюється у вигляді тепла. Саме тому:

- кількість біомаси продуцентів найбільша,
- кількість верхніх хижаків завжди обмежена.

Унаслідок цього трофічна структура часто має вигляд **екологічної піраміди** (чисельності, біомаси або енергії).

1.4. Кількісні показники аналізу трофічних мереж

Сучасні екологічні дослідження трофічних мереж передбачають не лише описовий підхід, а й кількісну оцінку. Це важливо для порівняння різних

екосистем, визначення ступеня антропогенного впливу та встановлення екологічного стану водойм.

До основних кількісних показників належать:

Кількість видів або функціональних груп (S)

Показник **S** відображає загальну кількість видів або трофічних груп, включених у мережу. Чим більший **S**, тим більша потенційна різноманітність трофічних зв'язків.

Кількість трофічних зв'язків (L)

Показник **L** означає кількість взаємодій типу «хижак–жертва» або «споживач–ресурс». Зростання **L** свідчить про більшу складність мережі.

Зв'язність трофічної мережі (Connectance, C)

Один із найважливіших показників, що відображає насиченість мережі зв'язками:

$$C = \frac{L}{S^2}$$

де:

L — кількість зв'язків,

S — кількість видів/груп.

Високі значення **C**, як правило, пов'язують із більшою стійкістю екосистеми.

Середня кількість зв'язків на один вид

Оцінюється як відношення загальної кількості зв'язків до кількості видів:

$$K = \frac{L}{S}$$

Показує, наскільки «включений» кожен вид у взаємодії мережі.

Розподіл за трофічними рівнями

Окремо визначають співвідношення:

- продуцентів,
- консументів різних порядків,
- редуцентів.

Стабільна екосистема має добре представлені всі рівні, а також наявність альтернативних шляхів перенесення енергії.

Використання індексів біорізноманіття

Додатково для кількісної оцінки біорізноманіття можуть застосовуватися індекси Шеннона, Сімпсона тощо (за наявності чисельності або частоти зустрічальності видів). Такі індекси є корисними для екологічного моніторингу та порівняння ділянок.

1.5. Особливості річкових екосистем у межах міста та вплив антропогенних факторів

Річкові екосистеми в межах міста формуються під впливом не лише природних умов, а й постійного антропогенного навантаження. Малі річки, до яких належить і річка Охтирка, є особливо чутливими до змін, оскільки мають порівняно невелику водність і менш виражену здатність до самоочищення у разі надмірного навантаження.

Серед головних антропогенних чинників, що впливають на міські річки, можна виділити:

- забруднення побутовими відходами у прибережній зоні;
- поверхневий стік із доріг (нафтопродукти, важкі метали, пил);
- надходження біогенних речовин (азот, фосфор), що може спричиняти евтрофікацію;
- зміна берегової лінії, забудова та укріплення берегів;
- витоптування рослинності та зменшення площі прибережних біотопів.

Антропогенний вплив здатний змінювати:

- видовий склад продуцентів (збільшення частки синьо-зелених водоростей у разі евтрофікації),
- чисельність консументів (зменшення чутливих видів),
- активність редуцентів (посилення процесів розкладу органіки у замулених ділянках).

Важливо, що антропогенний вплив може спрощувати трофічну мережу, зменшуючи видовий склад і кількість зв'язків. Спрощення мережі означає меншу стійкість і більшу вразливість до додаткових факторів (посухи, забруднення, температурних коливань). Саме тому кількісний аналіз трофічної мережі є актуальним підходом для оцінки стану річкових екосистем у міському середовищі.

2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження у даній курсовій роботі обрано екосистему річки Охтирка в межах м. Охтирка (Сумська область). Річка Охтирка є важливим елементом природного середовища міста, оскільки виконує низку екологічних функцій: підтримує місцеве біорізноманіття, формує прибережно-водні біотопи, бере участь у процесах природного самоочищення води, а також впливає на мікроклімат та естетичну привабливість території.

Водночас, функціонування річкової екосистеми в межах міської забудови відбувається під впливом антропогенних чинників. До них відносять трансформацію берегів, рекреаційне навантаження, засмічення прибережної смуги, потрапляння у воду забруднювальних речовин зі стоком з урбанізованих територій та інші впливи, які можуть змінювати видовий склад організмів і характер трофічних зв'язків.

Предметом дослідження є трофічні зв'язки між компонентами біоценозу річки Охтирка (продуцентами, консументами різних порядків та редуцентами), а також кількісні показники трофічної мережі, що характеризують рівень її складності та зв'язності.

У контексті даного дослідження під трофічною мережею розуміємо систему взаємопов'язаних трофічних ланцюгів у межах водної та прибережної екосистеми, які відображають потік енергії й кругообіг речовин у природному комплексі.

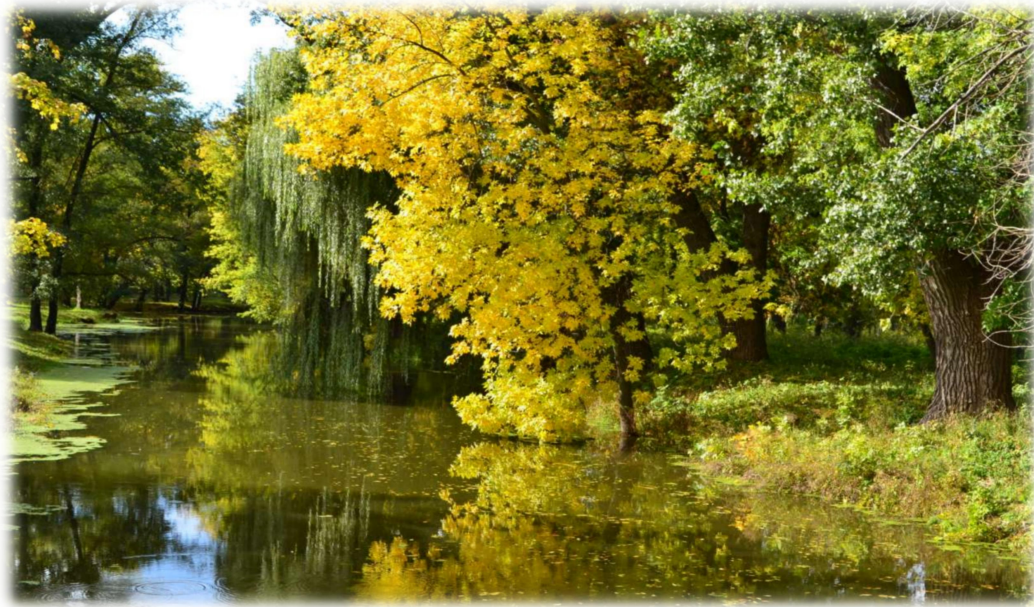


Фото 1. Загальний вигляд ділянки р. Охтирка в межах м. Охтирка
(місце дослідження)

2.2. Характеристика ділянки дослідження

Дослідження проводилися на ділянці річки Охтирка, що протікає в межах м. Охтирка, у зоні міського ландшафту. Для цієї ділянки характерне поєднання водного середовища та прибережної смуги, які є середовищем існування великої кількості організмів різних систематичних і функціональних груп.

Береги річки представлені ділянками з природним рослинним покривом, у складі якого можуть переважати прибережні трав'янисті угруповання та вологолюбні рослини. На окремих ділянках можливі прояви антропогенної трансформації берегової зони: витоптування рослинності, засмічення, наявність стежок, наближення забудови до прибережної смуги.

Річкова екосистема в межах міста характеризується наявністю кількох мікробіотопів:

- водна товща (середовище фітопланктону, зоопланктону та риб);
- прибережно-водна зона (зарості макрофітів, місця нересту та укриття дрібних тварин);
- донні відклади (середовище для бентосу та організмів-детритофагів);
- прибережна смуга (місце існування комах, амфібій, птахів і дрібних хижаків).

Наявність різноманітних умов сприяє формуванню розгалуженої трофічної мережі, оскільки організми можуть використовувати різні ресурси, а потік енергії реалізується як через пасовищний, так і через детритний тип трофічних ланцюгів.

2.3. Умови проведення досліджень (період, сезонні особливості)

Дослідження проводилися у період середини–кінця вересня, що відповідає ранньоосінньому етапу функціонування водних екосистем. Для цього періоду характерні сезонні зміни, які суттєво впливають на активність організмів та структуру трофічної мережі.

У вересні поступово скорочується тривалість світлового дня, знижується температура повітря та води, у рослинних угрупованнях спостерігається завершення вегетації та часткове відмирання трав'янистої рослинності. Це призводить до збільшення кількості органічних решток (детриту) у воді й на березі. У таких умовах зростає роль редуцентів (бактерій і грибів), а також детритофагів, які беруть активну участь у розкладі органічної речовини.

Внаслідок цього у ранньоосінній період посилюється детритний трофічний ланцюг, тобто система зв'язків, що починається з мертвої органічної речовини. Поряд із ним продовжує функціонувати й пасовищний тип трофічного ланцюга, утворений живими продуцентами (водоростями та

водними рослинами) і консументами I порядку (зоопланктоном, молюсками тощо).

Таким чином, період досліджень є сприятливим для аналізу трофічної мережі, оскільки екосистема перебуває у стані сезонної перебудови і наочно демонструє тісну взаємодію продуцентів, консументів та редуцентів.

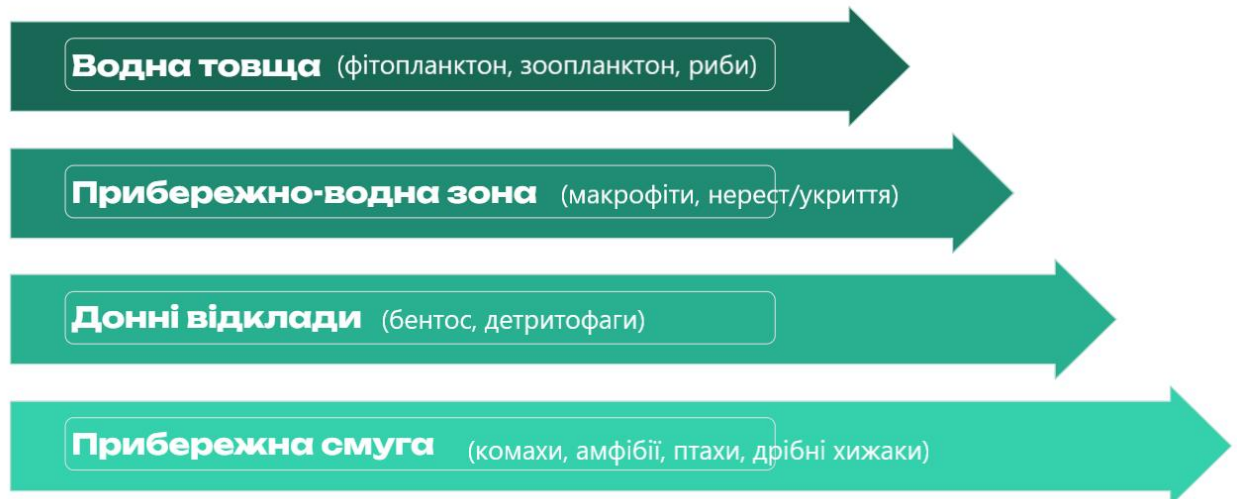


Схема 1. Основні мікробіотопи ділянки річкової екосистеми

2.4. Антропогенний вплив на досліджувану ділянку річки

Річка Охтирка в межах міської території функціонує в умовах постійного антропогенного навантаження, що проявляється у зміні гідрологічного режиму, погіршенні якості води та трансформації прибережних біотопів. Основні приклади антропогенного впливу на досліджувану ділянку можна поділити на кілька груп.

1) Засмічення прибережної зони

Одним із найбільш поширених негативних чинників є накопичення побутового сміття та інертних матеріалів у прибережній смузі (пластик, скло, пакети, залишки будівельних матеріалів). Засмічення призводить до:

- механічного пошкодження рослинності,
- зменшення площі придатних місць проживання для безхребетних і амфібій,
- потрапляння мікропластику у трофічні ланцюги.

У трофічній мережі: зменшення чисельності консументів I порядку (детритофагів, личинок комах), що може спричинити скорочення кормової бази для риби і птахів.

2) Заростання та евтрофікація (надлишок біогенних речовин)

У межах міста можливе надходження до річки біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) зі стічними водами та поверхневим стоком. Це спричиняє:

- активний розвиток водоростей і ряски,
- «цвітіння» води,
- зниження прозорості та дефіцит кисню у воді.

У трофічній мережі: посилюється роль редуцентів (бактерій, грибів), зростає частка детритного ланцюга, а чутливі види риби можуть зникати або мігрувати.

3) Замулення та забруднення донних відкладів

Через руйнування берегів, будівельні роботи, змив ґрунту та недостатню течію в окремих місцях може посилюватися замулення русла. Донні відклади накопичують органічні речовини й токсиканти, що впливає на:

- бентосні організми (молюски, личинки комах),
- процеси самоочищення водойми.

У трофічній мережі: змінюється склад бентосу: переважають витривалі види, а загальна трофічна різноманітність зменшується.

4) Вплив транспортної та міської інфраструктури

Наявність мостів, доріг, бетонних укріплень берегів, каналів водовідведення призводить до:

- зміни природного русла і швидкості течії,
- порушення природних місць нересту,
- фрагментації біотопів.

Крім того, з поверхневим стоком з доріг у водойму можуть потрапляти:

- нафтопродукти,
- важкі метали,

- пил та інші забруднювачі.

У трофічній мережі: погіршення умов існування для риб і безхребетних, зниження чисельності консументів II порядку.

5) Рекреаційне навантаження (витоптування, руйнування берегів)

У місцях відпочинку населення спостерігається:

- витоптування берегової рослинності,
- руйнування дернового покриву,
- формування “стежок” до води.

У трофічній мережі: зменшується площа прибережних заростей, які є “укриттям” для дрібних тварин і місцем живлення багатьох видів.

Таким чином, антропогенний вплив у межах м. Охтирка сприяє спрощенню трофічної мережі річкової екосистеми: зменшується видовий склад окремих груп організмів, скорочується кількість трофічних зв’язків і знижується стабільність екосистеми. Найбільш виразно ці зміни проявляються через погіршення стану прибережної зони, замулення та евтрофікацію, які впливають на всі трофічні рівні — від продуцентів до консументів вищих порядків.

Приклади антропогенного впливу на прибережну зону наведені на фото 2–5



Фото 2. Забруднення
комунальними стоками



Фото 3. Замулення річки



Фото 4. Забруднення
промисловими стоками

Фото 5. Заростання річки

2.5. Загальна схема організації дослідження

Для забезпечення системності спостережень дослідження було організовано таким чином, щоб охопити основні компоненти річкової екосистеми та встановити трофічні зв'язки між ними. У межах ділянки проводилися маршрутні обстеження прибережної смуги, візуальні спостереження за організмами водного та наземного середовища, а також фіксація типових представників флори й фауни.

На основі отриманих даних та опрацювання довідкових джерел формувався перелік основних трофічних груп. Далі встановлювалися найбільш імовірні трофічні зв'язки між компонентами біоценозу. Це дозволило сформувати трофічну мережу екосистеми та перейти до її кількісного аналізу у наступному розділі.

Таблиця 2.1

**Загальна характеристика об'єкта дослідження (р. Охтирка
в межах м. Охтирка)**

Показник	Характеристика
Тип екосистеми	Річкова (проточна прісноводна)
Ділянка	В межах м. Охтирка
Період спостережень	Середина–кінець вересня
Основні біотопи	Водна товща, прибережно-водна зона, донні відклади, прибережна смуга
Типові екологічні фактори	Температура, освітленість, наявність детриту, швидкість течії
Антропогенний вплив	Рекреаційне навантаження, сміття, поверхневий стік, трансформація берегів

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Методика проведення досліджень

Дослідження трофічної мережі екосистеми річки Охтирка проводилися у період середини–кінця вересня на ділянці річки в межах м. Охтирка. Методичний підхід передбачав поєднання польових спостережень, аналізу довідково-наукових джерел та подальшого кількісного опрацювання отриманої інформації.

Польовий етап дослідження був спрямований на виявлення типових компонентів біоценозу річкової екосистеми та фіксацію умов середовища, що впливають на формування трофічних зв'язків. У межах ділянки дослідження застосовувалися такі методи:

1. **Маршрутні обстеження прибережної смуги** з метою опису характеру рослинного покриву, наявності прибережно-водної рослинності, ознак антропогенного навантаження (засмічення, вищипування, замулення), а також візуального спостереження за тваринами, що трапляються у прибережній зоні.
2. **Візуальні спостереження водного середовища**, зокрема оцінка ступеня заростання водойми, наявності ряски та інших макрофітів, прозорості води, характеру донних відкладів, а також ознак евтрофікації.
3. **Фотодокументація** досліджуваної території та фіксація типових представників біоти, які можуть брати участь у формуванні трофічної мережі. Фотоматеріали використовувалися як ілюстративне підтвердження спостережень та екологічного стану ділянки.

На наступному етапі дані польових спостережень були узагальнені та систематизовані. З метою підвищення точності визначення трофічних ролей організмів використано матеріали екологічних довідників і навчальної літератури. Усі виявлені компоненти біоценозу були розподілені на основні трофічні рівні:

- продуценти (фітопланктон, водні та прибережні рослини),

- консументи I, II та III порядків (зоопланктон, молюски, личинки комах, риби, амфібії, птахи тощо),
- редуценти (бактерії та гриби).

Для побудови трофічної мережі визначалися найбільш імовірні трофічні зв'язки між компонентами екосистеми за принципом «ресурс → споживач». Далі формувався перелік трофічних зв'язків, який став основою для графічного представлення мережі.

Кількісна оцінка трофічної мережі здійснювалася за такими показниками:

- S — кількість трофічних груп, виділених у межах екосистеми;
- L — кількість встановлених трофічних зв'язків;
- зв'язність трофічної мережі (C), яка визначалась відповідно до методики, наведеної у розділі 1.4.

Отримані значення показників використовувалися для аналізу складності та структурної організації трофічної мережі екосистеми річки Охтирка в умовах урбанізованого середовища.

3.2. Видовий склад і трофічні групи екосистеми р. Охтирка

У результаті спостережень та аналізу довідкових джерел встановлено, що екосистема річки Охтирка в межах міста включає комплекс продуцентів, консументів різних порядків та редуцентів. Для ранньої осені характерне посилення ролі детриту, а отже — активізація організмів-детритофагів та редуцентів.

До **продуцентів** відносять фітопланктон (мікроводорості), вищу воднурослинність (очерет, рогіз), ряску, прибережні трави.

Консументи I порядку представлені зоопланктоном (дафнії), молюсками, частиною личинок комах.

Консументи II порядку — водяні хижі комахи (плавунці), жаби, дрібні риби.

Консументи III порядку — хижі риби (щука/окунь), водоплавні та прибережні птахи.

Редуценти — бактерії й гриби, що мінералізують органічні рештки та забезпечують кругообіг речовин.



Ряска мала



Рдесник туполистий



Аїр звичайний

Фото 6. Представники продуцентів річкової екосистеми



Ставковик



Котушка



Личинка бабки

Фото 7. Представники консументів I порядку



Вуж звичайний



Качка дика



Щука

Жаба

Фото 4. Представники консументів II–III порядків

Таблиця 3.2

Трофічні групи організмів екосистеми р. Охтирка (S)

№	Трофічна група (умовний таксон)	Трофічний рівень
1	Фітопланктон (водорості)	Продуценти
2	Макрофіти (очерет, рогіз)	Продуценти
3	Ряска та прибережні трави	Продуценти
4	Зоопланктон (дафнії)	Консументи I
5	Молюски (ставковик/котушка)	Консументи I
6	Личинки комах (комарі, бабки)	Консументи I
7	Бентосні безхребетні (черви тощо)	Консументи I / детритофаги
8	Водяні хижі комахи (плавунець)	Консументи II
9	Жаби (земноводні)	Консументи II
10	Дрібні риби (карась, плітка)	Консументи II
11	Хижі риби (окунь/щука)	Консументи III
12	Водоплавні птахи (качка дика)	Консументи III
13	Вуж звичайний	Консументи III
14	Редуценти: бактерії, гриби	Редуценти

Підсумок: S = 14 трофічних груп.**3.3. Встановлення трофічних зв'язків та побудова трофічної мережі**

На основі польових спостережень та аналізу літературних джерел було сформовано перелік найбільш імовірних трофічних зв'язків між трофічними групами. Для річкової екосистеми характерна наявність як пасовищних

ланцюгів живлення (через продуценти), так і детритних (через органічні рештки).

Таблиця 3.3

Основні трофічні зв'язки в екосистемі р. Охтирка (L)

№	Ланка “ресурс → споживач”
1	Фітопланктон → зоопланктон
2	Фітопланктон → молюски
3	Макрофіти → молюски
4	Ряска/прибережні трави → молюски
5	Органічні рештки (детрит) → бентосні безхребетні
6	Детрит → бактерії та гриби
7	Бактерії/гриби → бентосні безхребетні
8	Зоопланктон → дрібні риби
9	Личинки комах → жаби
10	Личинки комах → дрібні риби
11	Бентосні безхребетні → дрібні риби
12	Молюски → дрібні риби
13	Зоопланктон → водяні хижі комахи
14	Личинки комах → водяні хижі комахи
15	Водяні хижі комахи → дрібні риби
16	Дрібні риби → хижі риби
17	Жаби → вуж
18	Бентосні безхребетні → птахи (качка дика)
19	Молюски → птахи

Підсумок: L = 19 трофічних зв'язків.

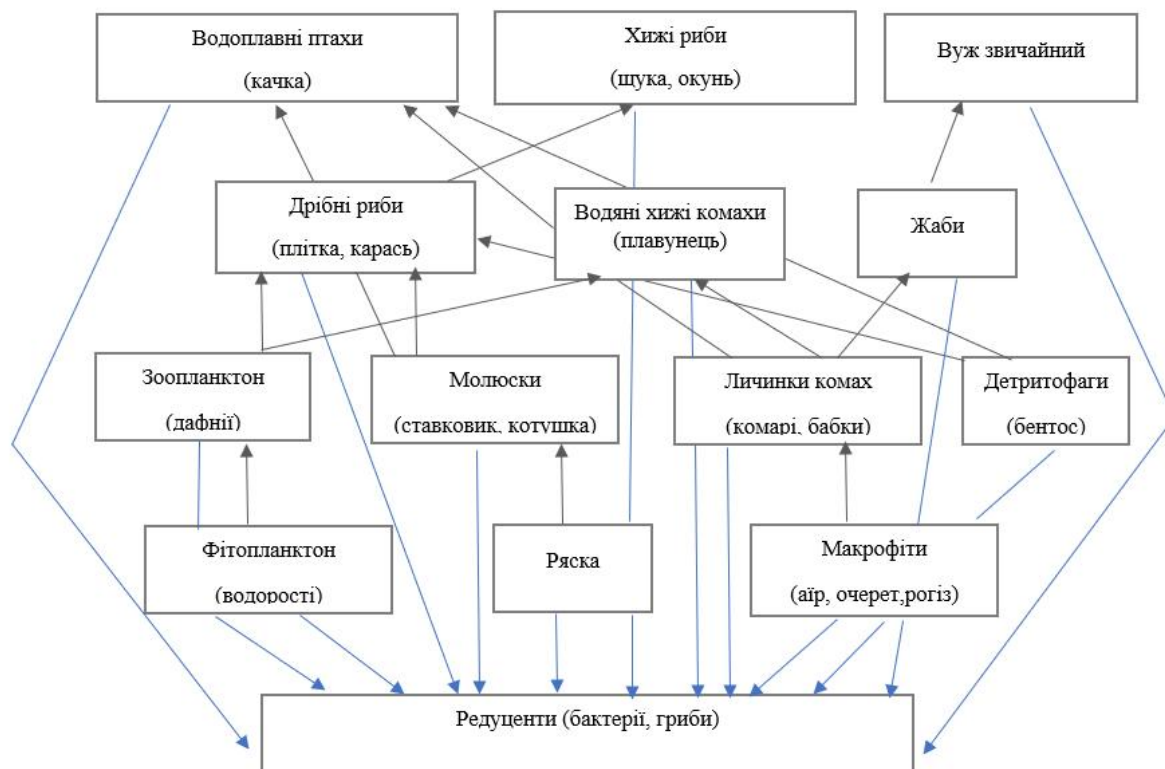


Рис. 2. *Схема трофічної мережі екосистеми р. Охтирка в межах м. Охтирка* (чорні стрілки відображають трофічні зв'язки «ресурс→споживач», а сині — детритний потік органічних решток до редуцентів. При кількісному аналізі показника L було враховано лише трофічні зв'язки, наведені в табл. 3.3.)

3.4. Кількісний аналіз трофічної мережі

Використовуючи дані табл. 3.2–3.3, проведено кількісну оцінку трофічної мережі.

1) Кількість трофічних груп:

$$S=14$$

2) Кількість трофічних зв'язків:

$$L=19$$

3) Показник зв'язності (connectance):

$$C = \frac{L}{S^2} = \frac{19}{14^2} = \frac{19}{196} = 0.097$$

Отримане значення $C = 0,097$ свідчить про наявність достатньої кількості зв'язків між компонентами біоценозу. Водночас міське антропогенне навантаження (замулення, засмічення, евтрофікація) може призводити до зменшення кількості чутливих видів і спрощення трофічної структури.

Таблиця 3.4

Кількісні показники трофічної мережі екосистеми р. Охтирка

Показник	Позначення	Значення
Кількість трофічних груп	S	14
Кількість зв'язків	L	19
Зв'язність мережі	$C = L/S^2$	0,097
Середня кількість зв'язків на групу	$K = L/S$	1.36

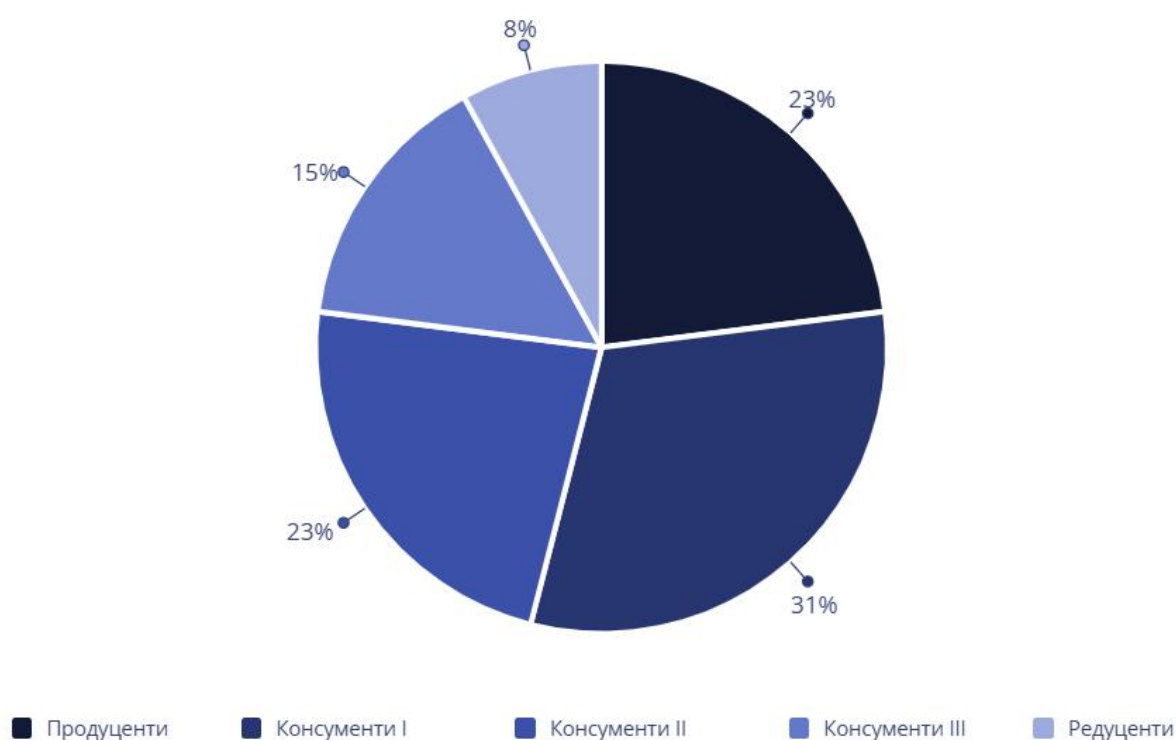


Рис. 3. Структура трофічних рівнів екосистеми р. Охтирка (у % від S)

3.5. Аналіз результатів та вплив антропогенних чинників на трофічну структуру

Отримані результати демонструють, що трофічна мережа річкової екосистеми в межах м. Охтирка є достатньо розгалуженою та включає основні трофічні рівні. У ранньоосінній період зростає частка детритного ланцюга, оскільки збільшується кількість органічних решток. Це посилює значення редуцентів та детритофагів у підтриманні кругообігу речовин.

Разом із тим у межах міста екосистема зазнає антропогенного впливу: евтрофікації, замулення, засмічення прибережної смуги, що призводить до погіршення умов для окремих груп організмів. У випадку посилення забруднення можливе зменшення кількості трофічних зв'язків, що негативно впливатиме на стабільність екосистеми та її здатність до самоочищення.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. У ході виконання курсової роботи здійснено аналіз трофічної організації локальної річкової екосистеми р. Охтирка в межах м. Охтирка (період спостережень — середина–кінець вересня, ранньоосінній етап). Встановлено, що у цей час істотно посилюється роль детритного ланцюга живлення, оскільки збільшується кількість органічних решток у воді та прибережній смузі.

2. У межах досліджуваної ділянки виділено 14 трофічних груп ($S=14$), які охоплюють основні компоненти біоценозу:

продуценти (фітопланктон, ряска, макрофіти),

консументи I порядку (зоопланктон, молюски, личинки комах, бентосні детритофаги),

консументи II–III порядку (дрібні риби, водяні хижі комахи, жаби, хижі риби, водоплавні птахи, вуж),

редуценти (бактерії та гриби).

3. На основі польових спостережень і опрацювання довідкових джерел сформовано перелік трофічних зв'язків та побудовано схему трофічної мережі. Загальна кількість зв'язків у мережі становить $L=19$, що свідчить про наявність помірно розвиненої системи взаємодій між основними трофічними рівнями.

4. Проведено кількісну оцінку структури мережі. Розрахований коефіцієнт зв'язності становить $C = L/S^2 = 19/14^2 = 0,097$, а середня кількість зв'язків на одну трофічну групу $K = L/S = 1,36$. Отримані значення вказують на помірну складність трофічної мережі, притаманну міським річковим екосистемам із відчутним антропогенним впливом.

5. Встановлено, що ключову роль у передачі речовини та енергії відіграють ланки “продуценти → первинні консументи” (фітопланктон/макрофіти → зоопланктон, молюски), а також “первинні консументи → риби/амфібії” (зоопланктон, молюски, бентосні організми → дрібні риби; личинки комах → жаби).

6. Показано, що редуценти забезпечують мінералізацію органічних решток і повернення поживних речовин у систему, підтримуючи стабільність функціонування екосистеми. Наявність значного детритного потоку є характерною рисою екосистеми річки в осінній період.

7. Антропогенний вплив (рекреаційне навантаження, сміття, трансформація прибережної смуги, поверхневий стік) може змінювати кормову базу та співвідношення трофічних груп, що потенційно знижує біорізноманіття й екологічну стійкість річкової екосистеми в межах міста.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. Підвищити рівень санітарного контролю прибережної смуги: регулярне прибирання сміття, встановлення контейнерів для відходів та інформаційних табличок для населення (особливо у рекреаційних зонах).

2. Обмежити руйнування берегів і прибережної рослинності: збереження очеретяно-рогозових угруповань та інших прибережних макрофітів як природного біофільтра, що зменшує забруднення та слугує місцем існування для багатьох трофічних груп.

3. Організувати сезонний моніторинг стану р. Охтирка (весна–літо–осінь):

- оцінка прозорості, запаху, кольоровості води;
- спостереження за макрофітами й ознаками “цвітіння” води;
- фіксація видів зоопланктону, молюсків, донних безхребетних.

Це дозволить порівнювати зміну трофічної мережі протягом року.

4. Посилити природоохоронну просвітницьку роботу серед мешканців міста: тематичні стенди, екологічні акції, залучення студентів до польових практик і громадського моніторингу.

5. Запропонувати локальні заходи екологічного оздоровлення: відновлення/очищення окремих ділянок берегової лінії, запобігання прямому

скиду забруднених стоків, мінімізація потрапляння поверхневого стоку з урбанізованих територій.

6. Для подальших досліджень доцільно розширити кількісний аналіз трофічної мережі: визначити частоту появи видів, оцінити домінування трофічних груп та порівняти структуру мережі у різні сезони, що дасть можливість точніше оцінити стабільність екосистеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Одум Ю. Основи екології / Ю. Одум. – Київ : Либідь, 1995. – 360 с.
2. Одум Ю., Барретт Г. Основи екології : підручник / Ю. Одум, Г. Барретт. – Київ : Либідь, 2008. – 624 с.
3. Бегон М., Таунсенд К., Харпер Дж. Екологія. Особини, популяції і угруповання / М. Бегон, К. Таунсенд, Дж. Харпер. – Київ : Либідь, 2004. – 960 с.
4. Риклефс Р. Основи загальної екології / Р. Риклефс. – Київ : Либідь, 2002. – 728 с.
5. Кучерявий В. П. Екологія : підручник / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2001. – 500 с.
6. Дідух Я. П. Основи біоіндикації / Я. П. Дідух. – Київ : Наукова думка, 2012. – 344 с.
7. Копач М. В. Гідроекологія : навчальний посібник / М. В. Копач. – Київ : Центр навчальної літератури, 2010. – 256 с.
8. Романенко В. Д. Основи гідроекології / В. Д. Романенко. – Київ : Генеза, 2004. – 664 с.
9. Масюк Н. П. Екологія водних екосистем : навчальний посібник / Н. П. Масюк. – Київ : Кондор, 2007. – 252 с.
10. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII (зі змінами).
11. Водний кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР (зі змінами).
12. Державні санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення : нормативний документ. – Київ, чинна редакція.