КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННЦ «Інститут біології та медицини»
Кафедра екології та зоології

Зав. кафедри к.б.н. Подобайло А.В.
Протокол №____ засідання кафедри
від “____” _____20___ р.

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФІТОФІЛЬНИХ БЕЗХРЕБЕТНИХ Р. ВОРСКЛА (У МЕЖАХ ГЕТЬМАНСЬКОГО НПП)

Кваліфікаційна робота бакалавра
денної форми навчання
за спеціальністю 101 Екологія
Півень Ольги Миколаївни
Науковий керівник від кафедри
к.б.н., ас. Ляшенко В.А.

Оцінка захисту роботи

_____

Київ – 2025 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 2

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1 5

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 5

1.1. Фізико-географічна характеристика регіону 5

1.2. Опис біорізноманіття 7

1.3. Загальні положення біоіндикації 9

1.4. Біоіндикація якості водного середовища за фітофільними безхребетним 11

1.5. Чинники, що впливають на життєдіяльність гідробіонтів 14

РОЗДІЛ 2 17

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ 17

2.1. Збір матеріалу 17

2.2. Оцінка якості води за BMWP 18

2.3. Оцінка якості води за TBI 19

2.4. Оцінка біорізноманіття за індексом Шеннона 20

РОЗДІЛ 3 21

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ 21

ВИСНОВКИ 35

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 36

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

НПП – національний природний парк

НІТ – найнижчий ідентифікований таксон

BMWP – Biological Monitoring Working Partyз (англ. Індекс робочої групи біологічного моніторингу)

TBI – Trent Biotic Index (англ. Біотичний індекс Трента)

ВСТУП

Збереження біологічного різноманіття та забезпечення стабільного функціонування водних екосистем є одним із важливих завдань сучасної екології. Особливої актуальності питання набуває у контексті глобальних кліматичних змін, зростання антропогенного навантаження, інтенсифікації господарської діяльності та урбанізації, що спричиняють деградацію природного середовища, втрату генофонду видів і порушення екосистемної рівноваги. Малі та середні річки відіграють особливу роль у регулюванні водного режиму, забезпечують шляхи міграції прісноводних видів, а також виступають осередками збереження видового різноманіття.

Одним із таких водних об’єктів є річка Ворскла, яка відзначається значною екологічною цінністю, зберігаючи мозаїчність заплавних ландшафтів з численними рукавами, старицями, озерами та болотами. У 2009 році з метою охорони природних комплексів середнього Придніпров’я було створено Гетьманський національний природний парк в межах якого сформувались сприятливі умови для існування багатьох видів водних і прибережно-водних організмів, завдяки високому ступеню ландшафтної різноманітності парку та відносно невисокому рівню забруднення.

Наразі угруповання фітофільних безхребетних Гетьманського НПП залишаються недослідженими але дані, отримані в результаті їх вивчення можуть слугувати орієнтиром для розробки стратегій, спрямованих на відновлення та збереження водних оселищ. З цієї причини було обрано такий об’єкт і предмет дослідження:

Об’єкт дослідження — угруповання фітофільних безхребетних р. Ворскла, у межах Гетьманського НПП.

Предмет дослідження — видове багатство та різноманіття фітофільних безхребетних р. Ворскла у межах Гетьманського НПП, з подальшим розрахунком біотичних індексів.

Було поставлено **завдання**:

1. Провести визначення фітофільних безхребетних.
2. Побудувати таксономічний профіль досліджуваних ділянок.
3. Розрахувати індекс різноманіття Шеннона та біотичні індекси BMWP, TBI.
4. Зробити висновки про якість води та стан біоценозів.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Фізико-географічна характеристика регіону

Річка Ворскла — середня за розмірами річка, ліва притока Дніпра, виток якої знаходиться у західній частині Середньоруської височини. Впадає у Дніпродзержинське водосховище на р. Дніпро. Басейн Ворскли охоплює на території України Сумську, Харківську та Полтавську області [1].

Загальна довжина річки становить 464 км, а площа водозбору — 14700 км^2. Ширина річки варіюється від 12 до 45 м, на плесах може досягати 80 м. Глибина — 0,8-2,5 м, але у окремих місцях буває значно більшою.

Басейн Ворскли – є типовою рівнинною річковою системою з повільною течією. На перекатах швидкість води може сягати 1,5 м/с, але на інших ділянках не перевищує 0,1 м/с. Стік води в середньому становить 31,6 м^3/с, з них 50-65% складає талий сніг, отже переважає снігове живлення.

У зимовий період живлення Ворскли та її приток відбувається переважно за рахунок підземних вод, а у літньо-осінній період за рахунок дощових опадів. Така сезонна зміна джерел живлення зумовлює помітні коливання водності протягом року. Наприкінці літа спостерігається значне зниження рівня води – настає літня межень, а мілководні притоки можуть тимчасово пересихати [1].

Ворскла протікає крізь лісостепову зону в Сумській схилово-височинній та Харківській схилово-височинній областях Східноукраїнського краю, і Східнополтавській височинній та Південно Придніпровській терасовій низовинній областях Лівобережно Дніпровського краю [2]. Дана територія

простягається смугою шириною близько 300 кілометрів з південного заходу на північний схід [3].

Клімат у межах басейну річки Ворскла характеризується помірно континентальним типом із чітко вираженими порами року. Середньорічна температура повітря становить від +6,5 до +8,5 °C. Річна кількість опадів у середньому сягає 500–600 мм, причому більшість з них припадає на теплий період. Тривалість періоду з температурами вище +5 °C становить 210–220 днів, що створює сприятливі умови для ведення сільськогосподарської діяльності [38].

Придніпровській низовині та Полтавській рівнині характерні чорноземні та лучно-чорноземні ґрунти. Трапляються солонцюваті ґрунти. Ґрунти та породи є багатими на гідрокарбонат кальцію, що має значний вплив на формування хімічного складу водних ресурсів даного регіону [4]. На південному заході Полтавської рівнини залягають лучно-болотні та болотні ґрунти. На заході області трапляються торфовища, солонці, та торфово-болотні ґрунті [2].

Усього Ворскла має 18 приток серед яких є малі і середні річки [5]. Найбільшими притоками є річки: Ворсклиця, Олешня, Боромля, Братениця, Охтирка, Івани, Весела, Хухра, Рябинка. У межах долини Ворскли на території Сумської області розташовано близько 80 невеликих озер-стариць загальною площею 268 гектарів. Безпосередньо в руслі Ворскли, на межі з Полтавською областю, знаходиться Куземинське водосховище площею 850 гектарів [1].

Антропогенний вплив на басейн річки Ворскла постійно посилюється. Серед основних джерел забруднення – стоки зі сільськогосподарських угідь, що містять добрива та пестициди, а також побутові й промислові стічні води. Додаткове навантаження спричиняє вирубування лісів у заплавній зоні. У багатьох ділянках русло річки зазнає технічного втручання, зокрема регулювання та штучного укріплення берегів, що негативно впливає на природну здатність водної екосистеми до самовідновлення [39].

1.2. Опис біорізноманіття

Природна рослинність представлена п’ятьма основними типами біотопів – лісовою, чагарниковою, лучною, болотною та водною рослинністю. В межах парку збереглися як характерні для лісостепу угруповання дубових і соснових лісів, заплавних луків, так і унікальні для регіону сфагнові болота та стариці. Значна кількість видів рослин перебуває під охороною: понад 15 видів занесені до «Червоної книги України», зокрема сон розкритий (*Pulsatilla patens*), косарики тонкі (*Gladiolus tenuis*), латаття сніжно-біле (*Nymphaea candida*), любка дволиста (*Platanthera bifolia*), пальчатокорінник травневий (*Dactylorhiza majalis*) та інші рідкісні рослини [6].

Особливо багатою є водна та прибережно-болотна флора: за результатами спеціальних досліджень флори макрофітів у парку виявлено 49 видів вищих водних рослин, що належать до 24 родин. Значно поширені такі макрофіти, як ряска багатокоренева (*Spirodela polyrrhiza*), кушир темно-зелений (*Ceratophyllum demersum*), частуха подорожникова (*Sagittaria sagittifolia*), підводний рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatu*s) [6].

Ліхенобіота Гетьманського НПП представлена щонайменше 81 видом лишайників, що належать до 36 родів, 23 родин і 10 порядків. Домінують лишайники порядків Teloschistales і Lecanorales (родини *Lecanoraceae, Parmeliaceae, Cladoniaceae, Physciaceae* тощо) – переважно це епіфітні накипні та листуваті форми, які зростають на стовбурах дерев у лісах [7].

Тваринний світ Гетьманського НПП також вирізняється значним багатством: загалом зареєстровано близько 2580 видів тварин. Серед них – осілий лось європейський (*Alces alces*), кабан дикий (*Sus scrofa*), сарна європейська (*Capreolus capreolus*), борсук (*Meles meles*), куниця лісова (*Martes*

martes), а з хижаків – вовк (*Canis lupus*) і лисиця (*Vulpes vulpes*); у заплавних водоймах мешкає видра річкова (*Lutra lutra*). Орнітофауна дуже різноманітна: гніздяться такі рідкісні птахи, як журавель сірий (*Grus grus*) — символ Парку, лелека чорний (*Ciconia nigra*), орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla*), трапляються сови (в тому числі сич волохатий — *Aegolius funereus*), хижі птахи (яструби — *Accipiter spp.*, канюки — *Buteo spp.*), а також багато співочих видів [1].

У сучасні досліджених є згадки про близько 30 видів риб і міног у водоймах парку [8]. Серед них переважають аборигенні види, типові для річки Ворскли, зокрема плітка звичайна (*Rutilus rutilus*), верховодка (*Alburnus alburnus*), щипавка (*Cobitis* та *Barbatula*) і гірчак (*Rhodeus amarus*), окунь, щука, карась та інші прісноводні риби. Водночас до іхтіофауни входять і рідкісні види включені до Червоної книги України або до переліку Бернської конвенції: мінога українська (*Eudontomyzon mariae*), бистрянка руська (*Alburnoides rossicus*), йорж носар (*Gymnocephalus acerina*), минь річковий (*Lota lota*) та інші.

Безхребетні тварини у парку представлені великою кількістю видів, зокрема представниками класу комах. Для прикладу, лише денних лускокрилих (булавовусих метеликів) на території НПП на сьогодні відомо 62 види [9], серед яких трапляються рідкісні та зникаючі – такі, як махаон (*Papilio machaon*) чи мінливець великий (*Nymphalis antiopa*). На території парку відмічено також рідкісні види твердокрилих (наприклад жук-олень *Lucanus cervus*) та інші види комах, що охороняються (серед них джміль моховий Bombus muscorum, вусач мускусний *Aromia moschata* тощо).

Важливими факторами, що впливають на біорізноманіття Гетьманського НПП є температура води та динаміка її зміни, газовий склад води, кислотно-основні властивості води, солоність та мінеральний склад, властивості ґрунтів, гідродинаміка р. Ворскли тощо. У природних умовах різні водойми можуть значно відрізнятися між собою. На склад водної флори та фауни впливають такі фактори, як глибина водойми, швидкість течії, рівень кислотності

та лужності, каламутність, режим кисню, концентрація розчиненої органічної речовини, а також вміст сполук азоту і фосфору. Всі ці параметри залежать як від природних процесів у водоймах, так і від антропогенного впливу. Для різних типів водойм характерний свій типовий видовий склад, і високе біорізноманіття гідробіонтів [40].

1.3. Загальні положення біоіндикації

Біоіндикація — метод оцінки якості середовища або окремих характеристик середовища за станом біоти. На відміну від хімічного аналізу, біоіндикація дозволяє оцінити біологічну доступність, шкодочинність, сумарний вплив присутніх у водоймі речовин. Різні групи гідробіонтів демонструють чутливість до змін середовища, тому за їх видовим складом можна оцінювати рівень забруднення, трофний статус та інші характеристики водойм [10].

Біоіндикаторні види чутливі зміни умов навколишнього середовища, а рівень їхньої чутливості зростає зі звуженням меж екологічної толерантності [11].

За взаємодією організма-індикатора та середовища відрізняють біоіндикацію за акумуляцією та реєструючу біоіндикацію. Акумулятивні біоіндикатори накопичують забруднюючі речовини у тканинах та органах, тому негативний вплив на їх популяцію проявляється поступово. Реєструючі біоіндикатори змінюють свою чисельність у відповідь на зміни в екосистемі [12].

Біологічні індикатори можуть бути неспецифічними, якщо однакові реакції викликані різними факторами, або специфічними, якщо певна зміна пов’язана з впливом лише одного фактора. На вищих рівнях організації можемо спостерігати

лише неспецифічні індикатори, що дає змогу проводити комплексний аналіз екосистем за біоіндикаторними групами.

Біоіндикаційні дослідження здійснюються на двох основних рівнях: видовому та біоценотичному. Видовий рівень передбачає фіксацію наявності окремих видів, аналіз частоти їх виявлення, а також дослідження морфологічних, анатомічних і фізіолого-біохімічних характеристик. Біоценотичний рівень зосереджується на оцінці структурних показників угруповань, зокрема видового різноманіття, багатства видів і загальної біологічної продуктивності [12].

Біоіндикація є ключовим методом для оцінки стану навколишнього середовища, оскільки вона дозволяє визначати не лише наявність забруднюючих речовин, а й їхній реальний вплив на живі організми. Наприклад, деякі біоіндикатори здатні накопичувати токсичні речовини у своїх тканинах, що дає можливість відслідковувати тривале накопичення шкідливих сполук у біоценозі (Schmitt & Dethier, 2000).

Сучасні підходи в біоіндикації також можуть використовувати молекулярні біомаркери — специфічні зміни на рівні генів, білків або метаболічних процесів у організмах, що допомагає виявляти вплив забруднювачів на клітинному рівні.

Для оцінки якості водних екосистем застосовуються різні таксономічні групи — від мікроорганізмів і водоростей до безхребетних і риб. Зокрема, індекси якості води, засновані на присутності певних видів водних безхребетних, є ефективним засобом оцінки екологічного стану водойм.

Крім того, біоіндикація слугує основою для розробки екологічних норм та стандартів, що враховують комплексний вплив забруднювачів, який іноді не може бути повністю зафіксований за допомогою хімічних аналізів.

1.4. Біоіндикація якості водного середовища за фітофільними безхребетним

Фітофільні безхребетні та макрозообентос є загальноприйнятим індикатором якості води. На відміну від іхтіофауни популяції макрозообентосу є відносно стабільними у своїй локалізації, вони не здатні переміщуватись на великі відстані при погіршенні якості середовища, тому є більш репрезентативною групою організмів при вивченні окремих ділянок водних об’єктів.

Зокрема, фітофільні макробезхребетні (комахи-личинки, ракоподібні, молюски тощо) є одним з ключових об’єктів як біоіндикації, так і біомоніторингу, оскільки різні таксони мають різну толерантність до забруднення. Такі групи як одноденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera) та волохокрильці (Trichoptera) відомі своєю чутливістю до органічного забруднення і дефіциту кисню; їх присутність зазвичай свідчить про високу якість води [13]. Домінування видів, стійких до забруднення (наприклад, деяких личинок хірономід та олігохет), навпаки вказує на погіршення екологічного стану водойми [14].

У сучасній практиці для оцінки якості води на основі таксономічного складу макрозообентосу використовуються декілька основних біотичних індексів. Найпоширенішими є BMWP (Biological Monitoring Working Party), ASPT (Average Score Per Taxon) та біотичний індекс Трента (TBI). Кожен із них базується на чутливості певних таксонів до органічного забруднення та дозволяє кількісно оцінити екологічний стан водойм [15].

Індекс BMWP (Biological Monitoring Working Party) сумує бали чутливості визначених родин безхребетних; чим вища сумарна оцінка (максимальні бали надаються найбільш чутливим до забруднення групам), тим кращий клас якості води [15].

ASPT (Average Score Per Taxon) — середній бал на таксон, похідний показник від BMWP; обчислюється як відношення сумарного балу BMWP до кількості виявлених таксонів і зменшує вплив обсягів вибірки на оцінку якості [16].

Біотичний індекс Трента (TBI) — класичний індекс, історично розроблений у Великій Британії, що класифікує водойми за наявністю певних індикаторних груп, від дуже чистих до сильно забруднених. Первинно використовувався для оцінки трофності водойм [17].

Такі індекси широко застосовуються в практиці екологічного моніторингу. У різних країнах розроблено ряд модифікацій, адаптованих до місцевої фауни і умов, хоча базовий підхід BMWP/ASPT лежить в основі багатьох з них [15].

Одними з важливих факторів, які лежать в основі згаданих індексів – BMWP, ASPT та TBI, є фітофільні макробезхребетні. Фітофільними називають макробезхребетних, які мешкають у заростях водних рослин (макрофітів) і тісно з ними пов’язані. Рослинність слугує для них субстратом і середовищем існування. Наукові дослідження демонструють високу індикаторну цінність фітофільних безхребетних. Мастрантуоно та ін. (2014) вивчали розподіл безхребетних на рослинності у природних озерах і показали, що градієнт вмісту поживних речовин (фосфатів, нітритів) та швидкості течії впливає на склад макрофітів і асоційованої з ними фауни [18].

Їхній основний біоіндикаторний потенціал пов’язаний із чутливістю до змін у складі води та фізико-хімічному середовищі. Наприклад, личинки одноденок (*Ephemeroptera*) потребують високого вмісту розчиненого кисню та низької органічної навантаженості. Вони використовуються більшістю біоіндикаторних методик як маркери чистоти води: їх відсутність часто сигналізує про евтрофікацію чи дефіцит кисню, що підтверджується численними дослідженнями [19].

Волохокрильці (*Trichoptera*) розвиваються у складі фітофільних угруповань, зокрема прикріплюючись до підводної частини рослин. При підвищенні рівня забруднення вони починають зникати, тому наявність їх видового різноманіття — це надійний показник відмінної якості води. Багато сучасних досліджень підтверджують, що численні види Trichoptera відсутні у середовищах із підвищеним органічним навантаженням чи деградацією екосистеми внаслідок надмірного антропогенного впливу [20].

Водні жуки (*Coleoptera*), такі як родини *Dytiscidae*, *Hydraenidae* та *Elmidae*, також мають біоіндикаторну цінність. Дорослі особини можуть переміщуватися до поверхні для дихання атмосферним повітрям і тому менш чутливі до дефіциту кисню. Проте їх личинки часто залежать від чистоти води і щільності заростей макрофітів, що забезпечують укриття та їжу. У водоймах, забруднених або позбавлених рослинності, представленість цих родів значно скорочується — подібне спостерігалось у різних регіонах, зокрема у Середземномор'ї [21].

Двостулкові молюски (Unionidae) також є чутливими до рівня забруднення, зокрема підвищенням концентрації токсикантів, наприклад, важких металів. Вони також відіграють роль біомоніторів, оскільки накопичують шкідливі речовини у мантійних тканинах і черепашці, їх наявність свідчить про стабільно чисту воду. При цьому масове розмноження легеневих безхребетних напроти асоціюється з евтрофікацією та надлишком органічних речовин [22]. Наявність великої кількості фільтраторів в екосистемі вказує на її високу здатність до самоочищення [23].

1.5. Чинники, що впливають на життєдіяльність гідробіонтів

Температура води та її зміни у часі є одним із найважливіших екологічних факторів для всіх водних мешканців. Вона безпосередньо впливає на гідробіонтів, регулюючи швидкість їх життєвих процесів, а також визначає ключові фізико-хімічні властивості води. Водні організми адаптувалися до різних температурних умов: деякі мешкають у гарячих джерелах із температурами 45–50 °C і вище, інші — активні навіть при -2 °C і можуть виживати при промерзанні до -12 °C. Завдяки високій теплоємності вода є більш термостабільним середовищем порівняно з повітрям, тому її температура змінюється повільніше, що сприяє стабільності життя організмів. Температурні коливання у водоймах на суші зазвичай значно більші, ніж у морях чи океанах, особливо в помірних широтах, де сезонні зміни викликають коливання температури води на 10–20 градусів протягом року [24].

Організми, що здатні витримувати широкий діапазон температур і великі коливання, мають різні механізми адаптації, що дозволяють компенсувати температурні зміни, наприклад, змінюють активність ферментів і швидкість обміну речовин. Також вони можуть мігрувати до місць із більш сприятливими або стабільними температурами — наприклад, багато прісноводних риб взимку збираються в глибоких частинах водойм. Зниження обмінних процесів при низьких температурах іноді має позитивний ефект, оскільки допомагає організмам економити ресурси в несприятливі періоди, як це буває у риб взимку [24].

Організми, що виживають лише в межах вузького температурного діапазону, мають слабкі адаптації до змін температури. Серед них є оліготермні види, що пристосовані до холодної води, а також політермні види, які живуть виключно в теплій воді — серед яких багато акваріумних риб [24].

Людська діяльність також може суттєво впливати на температурний режим водойм. Наприклад, скидання теплої води із систем охолодження теплових та атомних електростанцій може підвищувати температуру великих ділянок річок або озер на 5–10 градусів, що призводить до суттєвих змін у складі та структурі водних спільнот [24].

Не менш важливим для гідробіонтів та екологічного стану водойми є кислотно-лужні властивості води. Зазвичай кислотно-основний баланс води у природних водоймах змінюється незначно. Він визначається головним чином типом живлення водойми, складом порід її дна та біохімічними процесами у воді. Вода вважається кислою, якщо pH менше 6,95, нейтральною — в межах від 6,96 до 7,3, а лужною — при pH вище цього діапазону. У наших широтах кислотність значною мірою впливає наявність сфагнових мохів, багатих на органічні кислоти. В невеликих водоймах на сфагнових болотах pH може опускатися до 3,4. Під час активного фотосинтезу у водоймі рівень pH може підвищуватися до 10 через зменшення концентрації вуглекислого газу. В нічний час, коли фотосинтез припиняється, а організми продовжують дихати, збільшується кількість вуглекислого газу, а pH знижується. Добові коливання кислотності зазвичай не перевищують двох pH одиниць. Молюски та інші тварини з вапняковими раковинами особливо вразливі до закислення, оскільки у кислій воді їхні раковини починають розчинятися [24].

Одним з вирішальних та критично важливих чинників для життєдіяльності гідробіонтів є солоність води. Солоність води — це загальна кількість розчинених у ній мінеральних речовин. Вода вважається прісною, якщо її солоність менша за 0,5 г/кг. Така одиниця вимірювання має назву промілле. Солоність морської води зазвичай коливається від 30 до 35 промілле. Окрім прісних і солоних водойм, існують також водні об’єкти з проміжним рівнем солоності. Жорсткість води визначається сумою концентрацій кальцієвих і магнієвих іонів, що має важливе значення для організмів з вапняковими

раковинами і скелетами. У регіонах, де немає великих покладів вапняку чи легкорозчинних гірських порід, вода в більшості водойм є «м'якою», тобто містить мало іонів Ca^{2+} і Mg^{2+}. Прісноводні і морські тварини по-різному реагують на солоність, адже їхні системи осморегуляції пристосовані до різних умов [24].

Водні організми не можуть нормально існувати на непривичних для них типах ґрунту, адже це ускладнює їхнє харчування та будівництво притулків, що призводить до їх ослаблення і загибелі. Встановлено закономірність: при порівнянні мешканців кам'янистих ґрунтів із жителями піщаних та мулистих ґрунтів, середні розміри й маса окремих особин зменшуються, проте їх чисельність зростає. Водночас самі водні організми впливають на донний ґрунт — рослини зміцнюють його корінням, а тварини збагачують органічною речовиною і активно перемішують його [24].

Для прісноводних водойм характерні постійні течії, що виникають через нахил русла, як у випадку річок, а також тимчасові чи періодичні течії, зумовлені впливом вітру чи різницею температури та щільності води в різних зонах водойми. У швидкоплинних ділянках річок швидкість потоку може досягати кількох метрів на секунду, створюючи специфічні умови: вода добре насичується киснем, але організми ризикують бути винесеними течією, а харчові частинки швидко проходять мимо. У більшості рівнинних річок течія повільніша і зазвичай не перевищує кілька десятків сантиметрів на секунду. В озерах і ставках течії ще слабші, але все ж мають важливе значення. Двічі на рік, навесні та восени, у глибоких водоймах помірного клімату відбувається інтенсивне перемішування води: вода на поверхні, досягнувши температури близько +4 °C, стає максимально щільною і опускається вниз, витісняючи глибші шари вгору. Це сприяє збагаченню глибини киснем і підйому на поверхню поживних речовин [24].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1. Збір матеріалу

Для проведення дослідження було закладено 5 станцій спостереження на р. Ворскла у межах Гетьманського НПП. Проби було відібрано у липні 2021 року. Станції спостереження знаходяться у місцях впадіння малих річок, приток р. Ворскла. Проби для дослідження таксономічної структури фітофільних безхребетних відбиралися з дна водойми у 3 повторностях. Відбір проб проводили з використанням дночерпача СДЧ-100 на глибині до 1,5 метрів, на відстані 0,5-1,5 м від берега. Далі відібраний матеріал промивали через сито, розмір комірок — 0,1 мм^2. Для транспортування та зберігання проби були зафіксовані розчином формаліну 4%.

Рисунок 2.1. Місце розташування станцій дослідження р. Ворскла

Станція 1 - околиці с. Поділ, над місцем впадіння р. Гусинка в р. Ворскла. Дно піщано-мулисте. Глибина 1 м, відстань від берега 1 м.

Станція 2 - місце впадіння р. Гусинка у р.Ворскла. Дно сильно мулисте, під мулистим шаром субстрат піщаний. Глибина 1,5 м, відстань від берега 1,5 м.

Станція 3 - місце впадіння р. Олешня у р. Ворскла. Дно сильно мулисте. Глибина 0,5 м, відстань від берега 0,5 м.

Станція 4 - мад місцем впадіння р. Охтирка у р. Ворскла. Дно піщане, слабо мулисте. Глибина 1 м, відстань від берега 1 м.

Станція 5 - місце впадіння р. Охтирка у р. Ворскла. Дно сильно мулисте. Глибина 1 м, відстань від берега 0,5 м.

Аналіз зібраного матеріалу проводився в лабораторних умовах за допомогою бінокулярів МБС-9, МБС-10, Bresser, при збільшенні до х70.

Для визначення якості води методом біоіндикації були застосовані стандартизовані біотичні індекси, що використовують таксони-індикатори - TBI, BMWP. Також було обраховано індекс біорізноманіття Шеннона.

2.2. Оцінка якості води за BMWP

Індекс BMWP (Biological Monitoring Working Party) є методом оцінки якості водного середовища, що базується на визначенні присутності або відсутності певних родин макробезхребетних, які мають різну чутливість до органічного забруднення. При підвищенні рівня забруднення спостерігається зникнення найбільш чутливих до нього груп організмів [15].

Кожна родина гідробіонтів має встановлену індикаторну вагу — числове значення, що відображає її стійкість до забруднення. Загальне значення BMWP розраховується як сума цих балів для всіх родин макробезхребетних, виявлених у зразку. Чим вищий показник, тим краща якість води.

Екологічний стан водного біоценозу річкового типу визначається за 100-бальною шкалою: понад 100 балів — «відмінний» стан, 70–99 балів — «добрий», 40–69 — «задовільний», 10–39 — «поганий», менше 10 — «дуже поганий».

2.3. Оцінка якості води за TBI

Зі зростанням рівня забруднення водного середовища та донних відкладів окремі представники бентосних безхребетних поступово зникають. На основі цього був розроблений індекс Вудівісса (TBI — Trent Biotic Index), який широко використовується для дослідження якості водних біоценозів [17].

Розрахунок TBI здійснюється за наступним алгоритмом:

1. Визначається таксономічний склад макрозообентосу у відібраній пробі.
2. За першим стовпчиком таблиці ідентифікуються групи таксонів-індикаторів, що виявлені у пробі. Оцінювання починається з найбільш чутливих до забруднення груп.
3. У другому стовпчику таблиці встановлюється відповідний рядок для кожного індикаторного таксона.
4. У третьому стовпчику, залежно від загальної кількості знайдених таксонів, обирається відповідна колонка. Значення індексу визначається на перетині рядка та вибраної колонки.

Оцінка результату проводиться за 10-бальною шкалою: 10 балів — «відмінний» стан, 7–8 — «добрий», 5–6 — «задовільний», 3–4 — «поганий», 1–2 бали — «дуже поганий» стан водного об’єкта.

Отримані значення ТВІ доцільно зіставляти з результатами хімічного аналізу води, що дозволяє здійснити більш комплексну оцінку екологічного стану водойми.

Таким чином, індекс Вудівісса є ефективним інструментом для оцінки якості водного середовища. Його головна перевага полягає у використанні біологічної чутливості індикаторних видів, що забезпечує високу екологічну інформативність та відображає реальні зміни у стані водної екосистеми.

2.4. Оцінка біорізноманіття за індексом Шеннона

Індекс Шеннона (індекс Шеннона–Вівера) є одним із найбільш поширених кількісних показників для оцінки біорізноманіття. Його застосування дозволяє комплексно оцінити структуру водних угруповань, враховуючи як видовий склад, так і рівномірність розподілу особин серед таксономічних груп. Вище значення індексу є показником різноманіття і рівномірності розподілу видів у біоценозі [25].

Високе значення H' зазвичай свідчить про стабільність і збалансованість екосистеми. Зниження індексу є ознакою деградації, забруднення, трофічного дисбалансу.

Для інтерпретацій результатів використовували таку оціночну шкалу:

≥ 3,5 — відмінно, 3,49–3,00 — добре, 2,99–2,50 — задовільно, 2,49–2,00 — погано, ≤ 2 — дуже погано

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Загалом на п’яти станціях було виявлено 49 НІТ. Серед них були виявлені представники 17 рядів. Для кожної дослідної станції видовий склад фітофільних безхребетних варіює:

На станції 1 виявлено 23 НІТ з 13 рядів. Найвищою чисельністю вирізнявся ряд *Ephemeroptera*, зокрема *Caenis robusta*. Чисельність цього виду становила близько 30% від загальної кількості особин усіх видів на даній ділянці. Такі види, як *Asellus aquaticu*s та *Cloeon dipterum* склали по 13% від загальної чисельності, що помітно перевищує частки інших НІТ .

На станції 2 знайдено 11 рядів. Серед 16 виявлених НІТ домінували такі види, як *Viviparus viviparus* – 25% і *Contectiana contecta* – 17%. Було виявлено 11 видів типу *Mollusca*, що є найвищим показником серед усіх досліджених ділянок

На станції 3 також виявлено 16 НІТ розподілених серед 10 рядів. Загалом переважали *Ceratopogonidae sp*. — 35% від загальної кількості представників фітофільних безхребетних, виявлених на ділянці. Другим найчисельнішим видом виявився *Potamantus luteus* — 19%.

На станції 4 знайдено 19 НІТ з 9 рядів. Представники родини *Chironomidae* склали 43% від загальної кількості НІТ на ділянці. Наступними за чисельністю були види *Cloeon simile* ряду *Ephemeroptera* — 12% та *Oxyethira sp*. ряду *Trichoptera* — 9%. Обидва ряди є чутливими до забруднення навколишнього середовища.

На станції 5 знайдено 16 НІТ з 9 рядів. За чисельністю переважає вид *Cloeon dipterum* — 27% . Розподіл чисельності між видами на даній ділянці відносно рівномірний.

Таблиця 3.1

Перелік ідентифікованих таксонів р. Ворскла, 2021 рік

Таксон	Станція 1	Станція 2	Станція 3	Станція 4	Станція 5
Insecta					
Ephemeroptera					
Cloeon dipterum	+				+
Caenis robusta	+			+	+
Cloeon simile		+		+	
Procloeon bifidum		+		+	
Potamantus luteus			+		
Coleoptera					
Hydaticus transueralis	+		+	+	+
Hygrobia tarda	+				
Cubister laterimarginalis	+		+		
Helochares obscurus					+
Hemiptera					
Micronecta sp.	+		+	+	+
Ilyocoris cimicoides	+		+		+
Limnoporus rufoscutellatus	+		+		
Ranatra linearis	+				
Notonecta lutea			+		
Nepa cinerea				+	+
Odonata					
Somatochlora arctica	+			+	+
Anax imperator	+				+
Platycnemis pennipes			+	+	

Calopteryx splendens				+	
Ischnura elegans	+	+		+	
Gomphus vulgatissimus				+	

Продовження таблиці 3.1

Trichoptera					
Oxyethira sp.				+	
Diptera					
Chironomidae sp.	+			+	
Ceratopogonidae sp.			+	+	
Culicidae sp.				+	
Hirudinea					
Arhynchobdellida					
Erpobdella octoculata	+				
Rhynchobdellida					
Haementeria costata		+	+		
Batracobdella paludosa			+		+
Crustacea					
Isopoda					
Asellus aquaticus	+	+	+		+
Mollusca					
Basommatophora					
Planorbarius corneus	+				
Anisus vortex	+	+	+		+
Hippeutis complanatus	+	+			
Lymnaea stagnalis		+	+	+	
Acroloxus lacustris		+			
Limnaea baltica		+	+		+
Physa fontinalis					+
Littorinimorpha					
Bithinia tentaculata	+				+

Codiella Leachii		+			
Lithoglyphus naticoidaes				+	
Sphaeriida					
Sphaerium corneum	+	+			
Sphaerium rivicola				+	

Продовження таблиці 3.1.

Architaenioglossa					
Contectiana contecta		+	+		
Viviparus viviparus	+	+			
Heterostropha					
Valvata cristata					+
Valvata piscinalis	+				
Unionida					
Unio tumidus				+	
Stylommatophora					
Succinea putris		+			
Cycloneritida					
Theodoxus fluviatilis	+	+			

На різних станціях спостереження було зафіксовано різну кількість найнижчих ідентифікованих таксонів, таксономічна структура угруповань на станціях також відрізнялася. Жоден з НІТ не спостерігався на всіх п’яти ділянках, що може вказувати на значні відмінності у видовому різноманітті приток річки Ворскла, оскільки досліджувані станції розташовані біля місць, де притоки впадають у русло Ворскли.

Найчастіше (на чотирьох з п’яти станцій) зустрічалися такі види, як *Hydaticus transueralis* з ряду твердокрилих, *Micronecta sp.* з ряду

навівтвердокрилих, також *Asellus aquaticus* - представник рівноногих раків та *Anisus vortex* - представник черевоногих молюсків.

З 49 НІТ зафіксованих нами, 19 належали до таких, які були знайдені лише у одній з п’яти проб:

Станція 1 — *Hygrobia tarda, Ranatra linearis, Erpobdella octoculata, Planorbarius corneus, Valvata piscinalis.*

Станція 2 — *Acroloxus lacustris, Codiella Leachii, Succinea putris.*

Станція 3 — *Potamantus luteus*, *Notonecta lutea.*

Станція 4 — *Calopteryx splendens, Gomphus vulgatissimus, Oxyethira sp., Culicidae sp., Lithoglyphus naticoidaes, Sphaerium rivicola, Unio tumidus.*

Станція 5 — *Helochares obscurus, Physa fontinalis.*

Виявлені найнижчі ідентифіковані таксони можна розділити на окремі індикаторні групи (рис. 3.1). Найчастіше використовувані — *Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata* як індикатори доброго стану екосистем; *Diptera* (*Chironomidae, Ceratopogonidae*) як індикатори поганого стану екосистем; *Mollusca* та *Isopoda* як індикатори органічного навантаження.

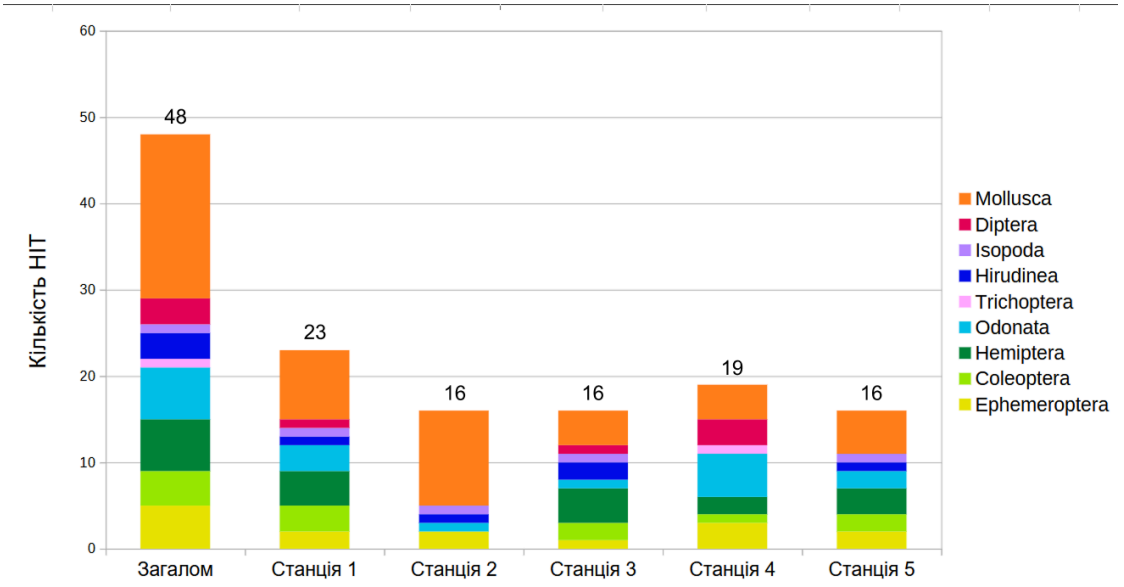

Рисунок 3.1. Кількість НІТ виявлених на станціях дослідження р. Ворскла та розподіл видів між біоіндикаторними групами, 2021р.

На **станції 1** спостерігали такі таксони як *Mollusca* (8 видів), *Diptera* (1 вид), *Isopoda* (1 вид), *Hirudinea* (1 вид), *Odonata* (3 види), *Hemiptera* (4 види), *Coleoptera* (3 види), *Ephemeroptera* (2 види).

На **станції 2** — *Mollusca* (11 видів), *Isopoda* (1 вид), *Hirudinea* (1 вид), *Odonata* (1 вид), *Ephemeroptera* (2 види).

На **станції 3** — *Mollusca* (4 види), *Diptera* (1 вид), *Isopoda* (1 вид), *Hirudinea* (2 види), *Odonata* (1 вид), *Hemiptera* (4 види), *Coleoptera* (2 види), *Ephemeroptera* (1 вид).

На **станції 4** — *Mollusca* (4 види), *Diptera* (3 види), *Trichoptera* (1 вид), *Odonata* (5 видів), *Hemiptera* (2 види), *Coleoptera* (1 вид), *Ephemeroptera* (3 види).

На **станції 5** — *Mollusca* (5 видів), *Isopoda* (1 вид), *Hirudinea* (1 вид), *Odonata* (2 види), *Hemiptera* (3 види), *Coleoptera* (2 види), *Ephemeroptera* (2 види).

Для аналізу якості водного середовища також враховували чисельність кожного виду-біоіндикатора і співвідношення їх чисельності. Для кожної станції спостережень було проведено аналіз видової структури угруповань фітофільних

безхребетних. Результати представлені у вигляді діаграм, які ілюструють співвідношення чисельності видів у відсотках.

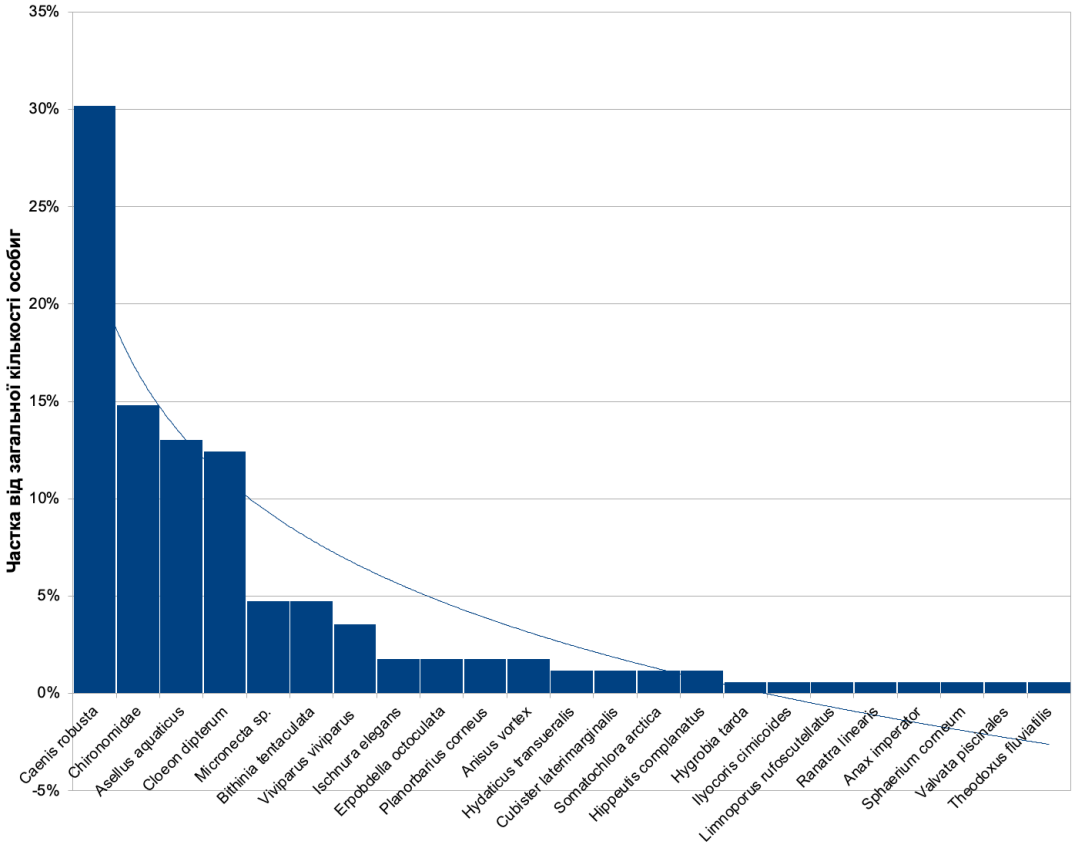

Рисунок 3.2. Структура угруповання за чисельністю на станції 1

В угрупованні фітофільних безхребетних на станції 1 (рисунок 3.2) за чисельністю переважає *Caenis robusta*, частка якого перевищує 30 %. Представники ряду *Ephemeroptera*, є індикаторами чистого водного середовища, але даний вид є толерантним до певного рівня органічного забруднення, а також може переносити знижений вміст кисню [26; 27].

Частка представників *Chironomidae* у пробі склала приблизно 15 %, ця група широко відома як індикатор органічного забруднення, значна їх присутність свідчить про евтрофікацію, замулення донного шару та зниження вмісту розчиненого кисню [28; 29].

Чисельність *Asellus aquaticus* склала 13 %, цей вид є типовим детритофагом і виконує ключову роль у трансформації органічної речовини у водоймі. За сучасними даними, цей вид виявляє високу стійкість до змінених умов середовища [30].

Чисельність видів *Cloeon dipterum*, *Microcnephia sp.*, *Bithynia tentaculata*, *Viviparus viviparus* становила по 5–10 %. Ці види є евритропами і здатні існувати в умовах помірного органічного навантаження.

Решта таксонів, таких як *Planorbis corneus*, *Hydaticus transversalis*, *Ilyocoris cimicoides*, *Sphaerium corneum* та інші, склали менше ніж по 5–10 %. Хоча їх частка не є суттєвою в структурі угруповання, їх присутність свідчить про високе біорізноманіття. Таким чином, структура угруповання на даній ділянці може свідчити про помірне або не значне антропогенне навантаження з ознаками органічного навантаження та зниженим рівнем розчиненого кисню.

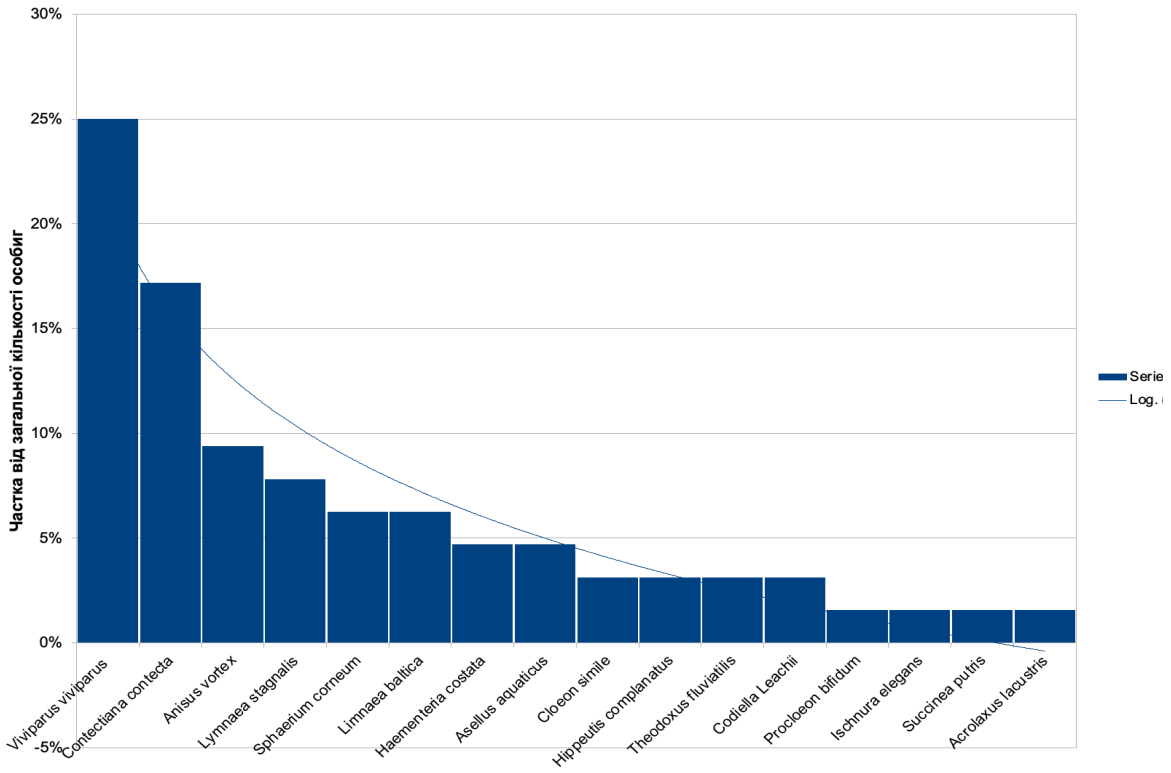

Рисунок 3.3. Структура угруповання за чисельністю на станції 2

Найчисельнішим видом для станції 2 (рисунок 3.3) є Viviparus viviparus, що становить близько 25% загальної чисельності. Цей вид добре пристосований до різних умов середовища, у тому числі до підвищеної трофності та зниженого вмісту кисню. У ряді досліджень відзначається здатність *V. viviparus* ефективно фільтрувати воду в умовах високого вмісту органіки, що робить його типовим мешканцем евтрофних водойм [33; 34]. Таким чином, його домінування може свідчити про локальну евтрофікацію або наявність замулених, органічно насичених ділянок.

Наступний за чисельністю вид - *Contectiana contecta* склав 17% від загальної чисельності. Присутність *Anisus vortex*, чисельність якого склала 9%, також є ознакою евтрофікації оскільки стабільно зустрічається у водоймах з підвищеним рівнем органічного навантаження, низьким рівнем кисню та щільною рослинністю [32].

Lymnaea stagnalis часто використовується як модельний організм для оцінки токсичних впливів і кислотності, а висока його чисельність може свідчити про загальну толерантність угруповання до змін хімічного складу води [33].

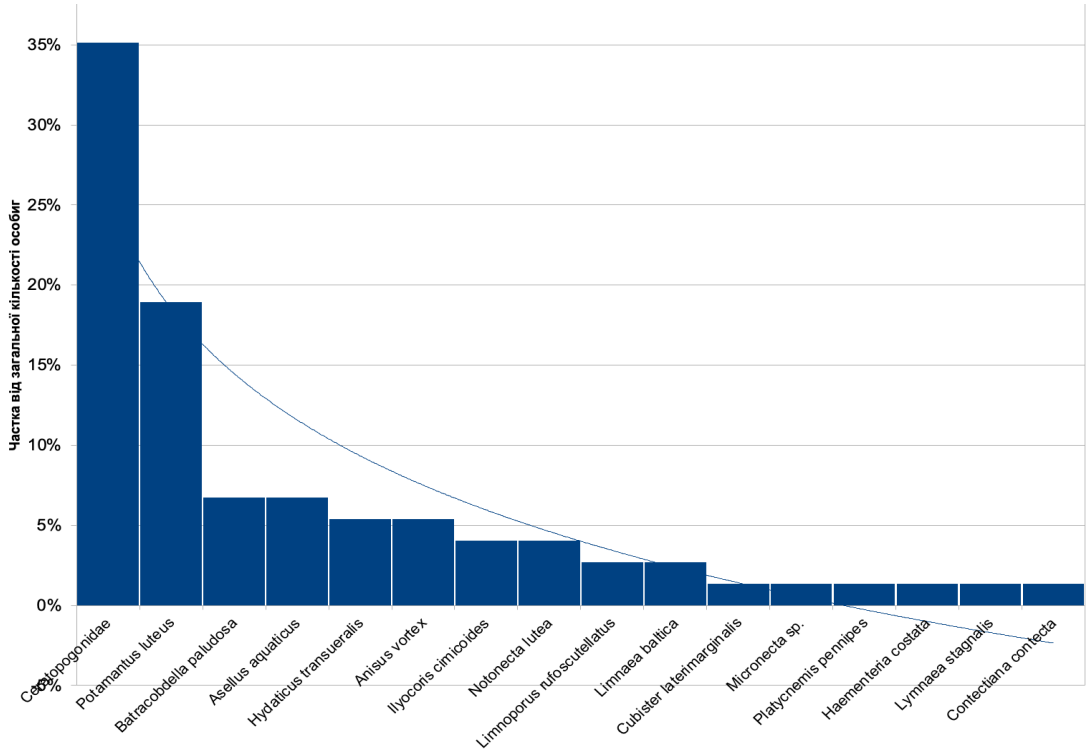

Рисунок 3.4. Структура угруповання за чисельністю на станції 3

На станції 3 (рисунок 3.4) представники родини *Ceratopogonidae* склали 35% загальної чисельності. Ця група є індикатором водного середовища з високою продукцією та евтрофікацією [35; 36].

Наступні за чисельністю — *Potamnantus luteus* (~19%), переважно мешкає у водоймах зі слабо-вираженим органічним навантаженням. Причини його відносно високої чисельність в угрупованні, де переважають представники Ceratopogonidae потребують подальшого дослідження.

Менш чисельні види види, такі як Batrachobdella paludosa, *Asellus aquaticus, Hydaticus transversalis, Anisus vortex, Ilyocoris cimicoides* складають від 2% до 7%.

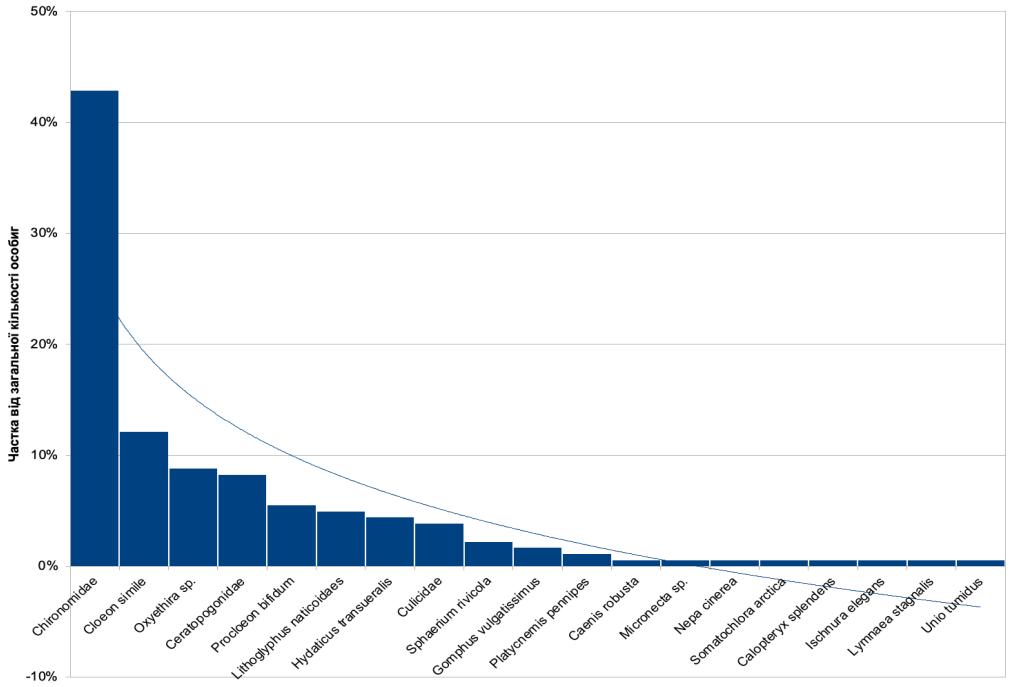

Рисунок 3.5. Структура угруповання за чисельністю на станції 4

Аналіз видової структури угруповання фітофільних безхребетних на станції 4 (рисунок 3.5) демонструє виражене домінування представників родини *Chironomidae*, які становлять понад 43% загальної чисельності. Така одновершинність є типовою для екосистем з підвищеним органічним навантаженням, замуленим дном і зниженим вмістом розчиненого кисню. *Chironomidae* вважаються одними з найбільш толерантних до забруднення таксонів і широко використовуються як індикатори евтрофікації та сапробності [35; 36].

На другому місці за чисельністю знаходиться *Cloeon simile* (12%), представник ряду *Ephemeroptera*. *C. simile* може бути індикатором чистого водного середовища, але також здатний існувати у стоячих водоймах із низьким вмістом кисню [39]. *Oxyethira sp.*, *Ceratopogonidae*, *Procloeon bifidum* та *Lithoglyphus naticoides* склали від 5% до 9%. *Oxyethira* (Trichoptera) часто трапляється у водоймах із розвиненою рослинністю, тоді як *Ceratopogonidae*

можуть слугувати індикаторами води зі зниженим рівнем розчиненого кисню і багатого на органіку середовища [37]. *Lithoglyphus naticoides* має толерантність до замулення та евтрофікації.

Види з часткою 3–5% — *Hydaticus transversalis*, *Culicidae*, *Sphaerium rivicola*, *Gomphus vulgatissimus*, *Platycnemis pennipes* — утворюють проміжну групу, яка вказує на екологічну гетерогенність. Наприклад, *Hydaticus* та *Gomphus* часто пов’язані з прибережною рослинністю та структурованим субстратом, однак не є показниками чистої води. Їхня присутність свідчить про неоднорідність середовища.

Інші види мають частку менше 2%. До цієї категорії входять *Caenis robusta*, *Nepa cinerea*, *Somatochlora arctica*, *Calopteryx splendens*, *Ischnura elegans*, *Lymnaea stagnalis* та *Unio tumidus*.

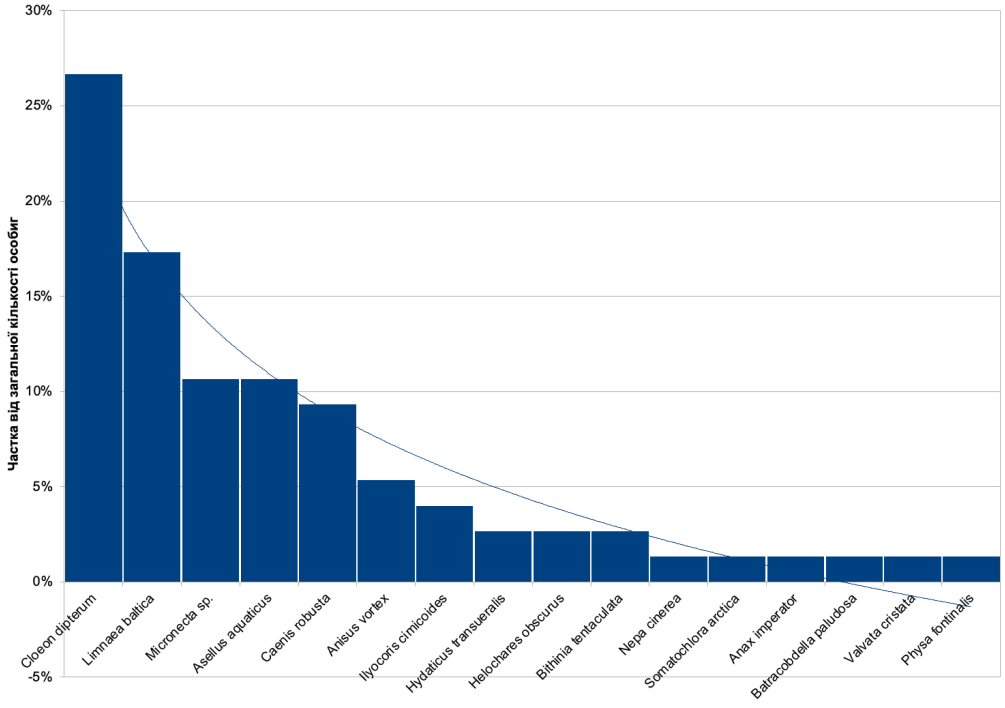

Рисунок 3.6. Структура угруповання за чисельністю на станції 5

На станції 5 (рисунок 3.6) найбільша кількість особин (27%) належали до виду *Cloeon dipterum ряду Ephemeroptera.* Ця група є індикатором хорошої якості води, але *C. dipterum* може існувати в умовах коливань рівня розчиненого кисню, що дозволяє йому домінувати навіть за умов помірного забруднення [39; 40; 41].

Lymnaea baltica (17 %) та *Micronecta sp*. (11 %), свідчать про наявність помірно евтрофного середовища з добре розвиненим рослинним покривом.

Asellus aquaticus (11 %) має високу адаптивність до різних джерел живлення, а *Caenis robusta* здатен пристосуватися до незначного чи помірного рівня забруднення. Також у складі угруповання присутні види з часткою до 5 %: *Anisus vortex, Ilyocoris cimicoides*, *Hydaticus transuersalis, Helocares obscurus, Bithynia tentaculata, Valvata cristata*. Загалом розподіл чисельності досить рівномірний, без яскраво вираженого домінування, що може вказувати на стабільність і високу здатність екосистеми до самовідновлення.

Таблиця 3.2.

Розрахунок біотичних та структурних індексів

Станція	BMWP		TBI		Шеннона (H')	
	Значення	Клас	Значення	Клас	Значення	Клас
1	91	Добрий	7	Добрий	3,29	Високий
2	31	Поганий	6	Задовільний	3,3	Високий
3	61	Задовільний	6	Задовільний	3,13	Високий

4	73	Добрий	7	Добрий	2,94	Середній
5	72	Добрий	7	Добрий	3,28	Високий

Було обраховано біотичні індекси BMWP та TBI, а також індекс різноманітності Шеннона (H’). Загалом якість води варіює між добрим і задовільним класами якості. Лише на одній ділянці зафіксовано клас якості води «поганий» за показником BMWP. Індекс Шеннона, що описує ступінь біорізноманіття здебільшого високий і лише на одній з ділянок відповідає середньому.

На станції 2 зафіксували високий ступінь біорізноманіття, але бачимо найнижчі значення біотичних індексів серед усіх п’яти станцій. Значення TBI відповідає класу «задовільний», а значення BMWP вказує на погану якість води.

У місці розташування станції 3 спостерігається високе біорізноманіття, але якість води відповідає класу «задовільний» як за BMWP, так і за TBI.

На станції 4 вода відповідає доброму класу якості за BMWP та TBI, але значення індексу Шеннона вказує на середній ступінь біорізноманіття.

Вода у місцях розташування станцій 1 і 5 вода відповідає доброму класу якості за BMWP та TBI. Індекс різноманітності Шеннона на цих ділянках високий. Серед усіх досліджених станцій перша має найвищий показник BMWP у 91 бал і виділяється на фоні станцій 4 і 5, які також отримали оцінку класу якості води «добрий», але з показниками у 73 та 72 бали.

ВИСНОВКИ

1. У межах р. Ворскла ідентифіковано 49 найнижчих ідентифікованих таксонів (НІТ) фітофільних безхребетних.
2. Найбільше НІТ виявлено на станції 1 — 23, нарешті станцій їх помітно менше 2 (16), 3 (16), 4 (19), 5 (16).
3. На станції 2 зафіксовано найнижчий показник BMWP, що свідчить про локальне погіршення якості води, ймовірно через органічне навантаження.
4. Загалом екосистема р. Ворскла зберігає високе видове різноманіття та стійкість угруповань. Проте є ознаки локального антропогенного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Гетьманский Національний Природний Парк. Доступно за посиланням: http://www.getmanski.info (Дата звернення: 13 травня 2025 р).
2. Геопортал містобудівного кадастру Києва (б. д.) Zoning-1. Доступно за посиланням: https://geomap.land.kiev.ua/zoning-1.html (Дата звернення: 17 травня 2025 р.).
3. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України: навчальний посібник В.К.Хільчевський, О.О. Винарчук, О.М. Гончар. 2014.
4. Хільчевський В.К. Про методичний підхід для дослідження трансформації хімічного складу річкових вод / В.К. Хльчевський, Р.В, Руденко, С.М. Курило // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т.9.
5. Геопортал «Малі річки Києва» (б. д.) Атлас малих річок. Доступно за посиланням: https://river.land.kiev.ua/atlas-rivers.html (Дата звернення: 13

квітня 2025 р.).

6. Скляр Ю. Л. Флора вищих водних рослин Гетьманського національного природного парку (2017) [Електронний ресурс] / Ю. Л. Скляр // Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. - Сер. *"Агрономія і біологія"* / Сумський національний аграрний університет. - Суми : СНАУ. - Вип. 2 (33). – С. 3-9.
7. Литвиненко, Ю. (2014). Ліхенобіота деяких територій Гетьманського національного природного парку.
8. Kutsokon, Y. K., Roman, A. M., & Shcherbatiuk, M. M. (2022). Current composition of the fish population of the Hetmansky NNP. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*, (2), 46–52.
9. Govorun, O. V., Konvisar, A. S., Kvarta, N. O., & Firman, L. O. (2023). Rhopalocera fauna of National Nature Park “Getmanskyi”. Slobozhanskyi Scientific Bulletin. *Natural Sciences Series*, (1), 15–18.
10. Barınova, S., & Dyadichko, V. (2022). Zoological water quality indicators for assessment of organic pollution and trophic status of continental water bodies. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research, 24*(3), 65–106.
11. Лукашов Д.В. (2022) Моніторинг довкілля. Навчальний посібник . Київ: [Електронне видання] Режим доступу до ресурсу: https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Ecol_zool/Library/Monitorynh_dovkillia_navchalnyi_posibnyk.pdf
12. Ляшенко В. А. (2015) Рівень забруднення української частини дельти дунаю за результатами біотестування та біондикації протягом 2007-2013 років.
13. Tubić, B.; Andjus, S.; Zorić, K.; Vasiljević, B.; Jovičić, K.; Čanak Atlagić, J.; Paunović, M. (2024) Aquatic Insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) Metric as an Important Tool in Water Quality Assessment in Hilly and Mountain Streams. *Water*, 16, 849.

14. Rosa BJ, Rodrigues LF, de Oliveira GS, da Gama Alves R. (2014) Chironomidae and Oligochaeta for water quality evaluation in an urban river in southeastern Brazil. *Environ Monit Assess*. Nov;186(11):7771-9.
15. Pineda-Pineda, Jair J. & Rosas, josé luis & Sigarreta, José & Hernández-Gómez, Juan & Umaña, Maximino. (2018). BIOTIC INDICES TO EVALUATE WATER QUALITY: BMWP.
16. Iwasaki Y, Suemori T, Kobayashi Y. (2024) Predicting macroinvertebrate average score per taxon (ASPT) at water quality monitoring sites in Japanese rivers. *Environ Sci Pollut Res Int.* Apr;31(19)
17. Moog, O., Schmutz, S., Schwarzinger, I. (2018). Biomonitoring and Bioassessment. In: Schmutz, S., Sendzimir, J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, vol 8. *Springer, Cham*.
18. Mastrantuono, L., Di Vito, V., & Bazzanti, M. (2014). Spatial distribution of plant-associated invertebrates and environmental bioassessment in a natural riverine lake (Lake Fibreno, Central Italy). *Journal of Water Resource and Protection*, 6(10), 916–929.
19. Jacobus LM, Macadam CR, Sartori M. (2019) Mayflies (Ephemeroptera) and Their Contributions to Ecosystem Services. *Insects.* Jun 14;10(6):170.
20. Thamsenanupap, P., Seetapan, K. and Prommi, T. (2021) 'Caddisflies (Trichoptera, Insecta) as bioindicator of water quality assessment in a small stream in Northern Thailand', Sains Malaysiana, 50(3), pp. 655–665.
21. Fierro, P., Ferrú, M., & Lara, C. (2020). Effects of forest conversion on the aquatic Coleoptera assemblage in Mediterranean-climate streams. *Ecological Indicators, 111*, 106043.
22. Gundacker, C. (2000) 'Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater molluscs of urban river habitats in Vienna', Environmental Pollution, 110(1), pp. 61–71

23. Цибульський А. І. (2017) Групування гідробіонтів як показник екологічних ризиків забруднення річок України.

24. Дрозд, М. (2010). Гідрологія: навчальний посібник**.** Київ: Київський університет.

25. Margalef, R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: *Perspectives in Marine Biology*. *Berkeley: Univ. of California Press*, pp. 323–347.

26. FreshwaterLife. (n.d.). FreshwaterLife Species Collection: Biological Monitoring Working Party (BMWP). Available at: http://species.freshwaterlife.org/index/BMWP.html (Accessed: 13 May 2025).

27. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board // Chem. and Ind. – 1964. – Vol. 11. – P. 443–447.

28. Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall.

29. Bauernfeind, E., & Moog, O. (2000). Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: a methodological approach. *Hydrobiologia, 422/423*, 71–83.

30. Cranston, P. S., Oliver, D. R., & Marziale, M. (2011). Chironomids as palaeoindicators of lake productivity. *Journal of Paleolimnology, 46*, 5–24.

31. Tatrai, I. (1986). Rates of ammonia release from sediments by chironomid larvae. *Freshwater Biology, 16*, 61–66.

32. van Bel, N., van Lieverloo, J., Verschoor, A., Pap‑Veldhuizen, L., Hijnen, W., Peeters, E., & Wunderer, J. (2024). Survival and growth of *Asellus aquaticus* on different food sources from drinking water distribution systems. *Arthropoda, 2*(3), 192–211.

33. Frank, T. (2007). Filter-feeding in *Viviparus viviparus* under high suspended matter concentrations. *Hydrobiologia, 579*(1), 167–173.

34. Lewandowski, K. (1982). The role of *Viviparus viviparus* in the nutrient cycle of a eutrophic lake. *Polskie Archiwum Hydrobiologii, 29*(1), 55–73.

35. Sulisławska, T., & Lewin, I. (2015). *Anisus vortex* as a bioindicator of eutrophic conditions in small water bodies. *Oceanological and Hydrobiological Studies, 44*(1), 106–115

36. Dalesman, S., Rendle, A., & Dall, S. R. X. (2006). Habitat-dependent cognitive strategies in a freshwater snail. *Animal Behaviour, 72*(3), 555–561.

37. Navroz, A., Chen, B., & Li, X. (2021). Differential distribution of macroinvertebrates associated with eutrophication and temperature regimes. *Water Research Bulletin, 24*(1), 100058.

38. U.S. Environmental Protection Agency. (2000). Invertebrate communities and trophic dynamics. In *Monitoring & Assessment: EPA Wetland Indicators*. U.S. EPA.

39. Sweeney, B. W., Funk, D. H., Camp, A. A., Buchwalter, D. B., & Jackson, J. K. (2018). *Cloeon dipterum* thermal and oxygen tolerance: implications for ecological dominance. *Freshwater Biology, 63*(7), 1234–1245.

40. Menetrey, N., Oertli, B., Sartori, M., Wagner, A., & Lachavanne, J.‐B. (2008). Eutrophication: are mayflies (Ephemeroptera) good bioindicators for ponds? *Hydrobiologia, 597*(1), 125–135.

41. Vilenica, M., et al. (2016). Adaptive responses of Cloeon dipterum larvae to hypoxia. Journal of Aquatic Ecology, 52(2), 215–227.