

ЗАГАЛЬНА ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК [574.583:597.2/.5](282.247.32)

Т.М. СЕРЕДА, к. б. н., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: seredatm@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2679-4008

Л.В. ГУЛЕЙКОВА, к. б. н., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: liudmyla.guleikova@gmail.com
ORCID 0009-0001-6581-5564

М.В. ПРИЧЕПА, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: prichepa1987@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3114-2402

Ю.О. КОВАЛЕНКО, доктор філософії, мол. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: kovalenkoyulia888@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4818-4542

С.О. АФАНАСЬЄВ, д. б. н., проф., академік НАН України, гол. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: safanasyev@ukr.net
ORCID: 0000-0002-5247-3542

ЗЛИТТЯ РІЧОК ЯК ДИНАМІЧНИЙ ЕКОТОН: СЕЗОННА ПЕРЕБУДОВА ПЛАНКТОННИХ УГРУПОВАНЬ (РІЧКОВА СИСТЕМА ІРПІНЬ — БУЧА)¹

У роботі представлено результати досліджень структурних показників фіто-і зоопланктону та молоді риб р. Ірпінь в районі впадіння р. Буча у сезонному аспекті. З метою з'ясування особливостей та механізмів формування таксономічної структури планктонної ланки у градієнтно-просторових межах в екотоні річка/річка проведено апробацію комплексного методичного підходу за функціональними група-

¹ Роботу виконано в межах бюджетних програм «Фундаментальні дослідження» (КПКВК 6541030) та «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 6541230)

Ц и т у в а н н я: Середа Т.М., Гулейкова Л.В., Причеп М.В., Коваленко Ю.О., Афанасьєв С.О. Злиття річок як динамічний екотон: сезонна перебудова планктонних угруповань (річкова система Ірпінь — Буча). *Гідробіол. журн.* 2026. Т. 62, № 5. С. 3—26.

ми водоростей та екологічними і трофічними групами зоопланктону та молоді риб. Кореляційний аналіз та трофічні зв'язки планктонної ланки продемонстрували буферну роль екотону річка/річка, у зоні якого влітку і восени змінюється видова структура фіто- і зоопланктону та відбувається перебудова домінуючих комплексів в умовах впливу алогенного планктону притоки, навесні вплив притоки нівелюється інтенсивним водообміном повневерхових вод з русловою системою р. Ірпінь. Для формування структури молоді риб визначальну роль відігравали ступінь заростання русла основної річки макрофітами та вплив трансформованої притоки, у гирлі якої завдяки гідродинамічним особливостям змішування водних мас склалися сприятливі умови для значного різноманіття іхтіофауни з найвищими показниками в екотоні: навесні за рахунок розвитку реофільних видів риб, влітку і восени — представників лімнофільних видів риб.

Ключові слова: планктонні угруповання, фітопланктон, зоопланктон, молодь риб, екотони, сезонний аспект, р. Ірпінь, р. Буча, басейн р. Дніпро.

Багаторічні дослідження річкових екосистем показали, що, попри загальну континуальність змін абіотичних і біотичних параметрів уздовж течії, в руслових системах формуються локальні зони різкої перебудови структурних характеристик біоти [34, 35]. Такі ділянки виникають у місцях контакту різних водних мас, гідрологічних режимів і біотопів та характеризуються підвищеною інтенсивністю біотичних взаємодій [23, 36]. У сучасній екології їх розглядають як екотони — просторово обмежені, але функціонально насичені перехідні зони, що відіграють ключову роль у формуванні біорізноманіття та продуктивності водних екосистем [9, 10, 16, 25].

Для лотичних систем особливий інтерес становлять екотони типу річка/річка, які формуються в місцях впадіння приток. Саме тут відбувається накладання потоків речовини, енергії та організмів різного походження, що створює складні гідродинамічні та трофічні градієнти [14, 28]. У таких умовах екотон може функціонувати одночасно як буферна зона, що згладжує відмінності між суміжними ділянками, і як фільтр або селективне середовище, яке визначає подальшу долю алогенного матеріалу та структуру біоценозів нижче за течією [23, 35, 36].

Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених екотонам у наземних та водних екосистемах, механізми формування планктонних угруповань у річкових екотонах залишаються недостатньо з'ясованими [29]. Особливо це стосується руслових екотонів, де поєднання процесів перенесення та локального розвитку біоти має складний і мінливий характер [7, 30].

Останніми роками зростає інтерес до дослідження річкових екосистем басейну Дніпра, зокрема р. Ірпінь, яка зазнала значного антропогенного та воєнного впливу [11, 19, 24]. Показано, що такі впливи призводять до істотної перебудови гідрологічного режиму, структури фітопланктону та макрофітів, а також іхтіофауни [8, 27, 31, 32]. Наявність численних приток у басейні Ірпеня формує розгалужену систему екотонів, які можуть виступати локальними осередками біорізноманіття, проте їхня функціональна роль у формуванні планктонної ланки вивчена недостатньо.

У цьому контексті особливо актуальним є аналіз екотону річка/річка як динамічної системи, функціональна роль якої змінюється залежно від гідрологічного режиму. У роботі перевіряється припущення, що зона злиття річок функціонує як динамічний екотон, у якому сезонна зміна гідрологічних умов визначає перехід від транзитного режиму до режиму акумуляції та селективного розвитку планктонних угруповань, що впливає на структуру ранніх вікових груп риб.

Матеріал і методика досліджень

Особливості та механізми формування структури фіто- і зоопланктону та молоді риб в екотоні річка/річка вивчали на прикладі р. Ірпінь в районі впадіння р. Буча у сезонному аспекті. Дослідження угруповань планктонної ланки проводили з квітня до жовтня протягом 2023 рр. на чотирьох створах: I — р. Ірпінь, вище екотону (район с. Романівка та м. Ірпінь), II — р. Буча, гирлова ділянка, III — екотон, зона змішування річок, 20—30 м нижче впадіння притоки, IV — р. Ірпінь, нижче екотону (район смт Гостомель).

Створ I — русло р. Ірпінь, типова річкова меандрована ділянка з крутими берегами, шириною 20—25 м з глибинами 1,2—1,8 м, навесні — до 2,3 м, швидкість течії 0,4—0,6 м/с, навесні — до 1,0 м/с, ступінь заростання макрофітами 5—10 %, влітку — до 20 %, вміст розчиненого кисню 5,9—6,7 O₂/дм³ з максимальними значеннями навесні, рН — в межах 7,4—7,7, переважаючий тип субстрату — замулений пісок. Структуру заростей водних рослин формують підводна форма стрілиці звичайної *Sagittaria sagittifolia* L., рдесник вузлуватий *Potamogeton nodosus* Poir., рдесник гребінчастий *Stuckenia pectinata* (L.) Börner та фрагментарно локалізовані плями ряски малої *Lemna minor* L.

Створ II — гирло р. Буча — трансформована річкова ділянка з природними берегами, місцями забетонованими, русло притоки зарегульоване двома ставками, розташованими на 700 м вище впадіння в р. Ірпінь, ширина русла приблизно 12 м, навесні розширюється до 26 м з глибинами 0,8—1,0 м, навесні — 1,7 м, швидкість течії 0,3—0,4 м/с, навесні — до 0,6 м/с, ступінь заростання макрофітами 10—15 %, влітку — до 45 %, вміст розчиненого кисню 5,1—6,7 мг O₂/дм³ з максимальними значеннями восени, рН — у межах 7,6—7,8, переважаючий тип субстрату — замулений пісок. Структуру заростей водних рослин формують кушир занурений *Ceratophyllum demersum* L., рдесник гребінчастий, рдесник кучерявий *Potamogeton crispus* L., а також глечики жовті *Nuphar lutea* (L.) Smith та ряска мала.

Створ III — екотон, зона змішування у 20—30 м нижче впадіння притоки, представляє руслову ділянку р. Ірпінь шириною 16—22 м з глибинами 1,5—2,1 м, місцями до 2,6 м і швидкістю течії 0,3—0,5 м/с, навесні — до 0,8 м/с, ступінь заростання макрофітами 10—20 %, влітку до 30 %, вміст розчиненого кисню 5,9—7,2 O₂/дм³ з максимальними значеннями навесні і мінімальними восени, рН — у межах 7,3—7,6, переважаючий тип субстрату — замулений пісок, місцями з муловими накопиченнями, зокрема в

зоні прибережних заростей гелофітів. Структуру заростей водних рослин формують водопериця колосиста *Myriophyllum spicatum* L, рдесник кучерявий, кушир занурений, підводна форма стрілиці звичайної, а також фрагментарні плями ряски малої.

Створ IV — русло р. Ірпінь, річкова ділянка шириною приблизно 20 м з глибинами 1,3—1,9 м, місцями до 2,5 м, русло спрямлене з природними берегами, швидкість течії 0,2—0,4 м/с, навесні — до 0,8 м/с, ступінь заростання макрофітами 7—10 %, влітку — до 45 %, вміст розчиненого кисню 5,0—7,6 O₂/дм³, рН — в межах 7,2—7,5, переважаючий тип субстрату — мулові відкладення. Структуру заростей водних рослин формують кушир занурений, водопериця колосиста, підводна форма стрілиці звичайної, рдесник кучерявий, рдесник гребінчастий, а також глечики жовті, спіродела багатокоренева *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid та ряска мала.

Проби фітопланктону відбирали батометром Руттнера з приповерхневого шару води 0,15—0,20 м, в зоні екотону здійснювали відбір інтегрованої проби з подальшим заповненням ємності 0,5 дм³ [3]. Камеральне опрацювання проб проводили з використанням камери Нажотта об'ємом 0,02 см³ під світловим мікроскопом Laboval-4 (Carl Zeiss, Німеччина). Чисельність водоростей визначали методом прямого підрахунку, біомасу — стереометричним методом [3]. У роботі використано класифікаційну систему AlgaeBase [18].

З метою розкриття механізмів формування таксономічної структури фітопланктону в межах екотону апробовано застосування методу функціональної класифікації водоростей [15] та проаналізовано формування показників біомаси за участю функціональних груп водоростей. Метод раніше апробовано на інших річках України [8, 30].

Проби зоопланктону відбирали методом проціджування 50/100 л води з поверхневого горизонту через планктонну сітку Апштейна (розмір вічка 72 мкм), в зоні екотону здійснювали відбір інтегрованої проби. Камеральну обробку проведено за загальноприйнятими гідробіологічними методиками [3].

Екологічні групи зоопланктону виділяли згідно з класифікацією Л.М. Зімбалецької [1, 5]. При аналізі трофічної структури зоопланктон розподіляли на хижих і мирних, останніх, зі свого боку, залежно від об'єкта живлення, — на нано-, детрито-, альго- і єврифагів. Віднесення окремих видів до певної екологічної або трофічної групи проводили на основі інформації визначників планктонних тварин та літературних і власних даних [33].

Іхтіофауну (молодь риб) досліджували за допомогою облову трансекти (10—20 м) сачком для лову живця, при відборі матеріалу проводили рекогносцировку маршруту вверх за течією до 50 м [6]. Види риб визначали за морфологічними ознаками у польових умовах [4, 17, 22], номенклатуру та систематичне положення видів наведено згідно [4]. Відносну чисельність (N %) кожного виду риб на одне місце відбору проб розраховано за допомогою рівняння: $N \% = (\text{кількість екземплярів (N)} / \text{загальна кількість екземплярів усіх видів (загальна N)}) \times 100$ [21].

Результати досліджень

У період досліджень *фітопланктон* налічував 128 видів та внутрішньовидових таксонів (ввт), представлених вісьмома відділами, а саме Bacillariophyta — 60, Chlorophyta — 33, Euglenozoa — 13, Cyanobacteria — 11, Miozoa і Ochrophyta — по 4, Cryptophyta — 2 і Charophyta — 1 ввт.

У сезонному аспекті видове багатство фітопланктону було вищим навесні і влітку — відповідно 78 і 74 ввт, восени воно знижувалось до 55 ввт. Насиченість проб мала широку амплітуду коливань: навесні та влітку — відповідно 26—39 і 21—49 ввт, з мінімальними значеннями в екотоні, восени фітопланктон характеризувався більш стабільним видовим багатством — 22—24 ввт (рис. 1, а).

Провідну роль у формуванні таксономічної структури фітопланктону відігравали діатомові, зелені та евгленові водорості (рис. 1, б). Навесні вище та нижче екотону частка діатомових зберігалася на рівні 54—59 %, тоді як у притоці та у зоні змішування роль діатомових знижувалася відповідно до 24 і 35 %, а частка зелених і евгленових підвищувалась до 18—27 і 15—31 %. Влітку частка діатомових змінювалась від 42 % вище екотону до 58 % нижче нього, у притоці вона складала 44 %, а в екотоні — знижувалася до 24 % через вегетацію зелених і евгленових на рівні відповідно 33 і 14 %. Восени частка діатомових коливалася в межах 41—82 %, з мінімальним значенням вище екотону та максимальним — нижче нього, у притоці діатомей складала 63 %, в екотоні — 54 %, зниження ролі діатомових супроводжувалось підвищенням ролі зелених до 27 % вище екотону та біля 17 % в екотонній зоні, частка евгленових була найвищою в екотоні (13 %).

Навесні показники чисельності фітопланктону в екотоні Ірпінь/Буча були найнижчими — 3910—7130 тис. кл/дм³: в Ірпені вище та нижче екотону вони були стабільними — 5100—5190 тис. кл/дм³, у притоці — максимальними, в екотонній зоні — мінімальними (рис. 1, в). Основу чисельності вище екотону формували діатомові (біля 65 %), нижче екотону — діатомові (37 %), зелені (33 %) і ціанобактерії (17 %), у притоці переважали ціанобактерії (43 %) і діатомові (25 %), а в екотоні — зелені водорості (41 %) і ціанобактерії (27 %). Влітку чисельність змінювалась від 10 630 тис. кл/дм³ вище екотону до 6410 тис. кл/дм³ нижче нього, у притоці й екотонній зоні вона становила відповідно 9130 і 9470 тис. кл/дм³ за домінування ціанобактерій (36 % — вище екотону, 50 % — у притоці, 76 % — в екотоні, 53 % — нижче екотону) з часткою зелених водоростей — відповідно 24, 13, 7 і 27 % і діатомей — відповідно 26, 30, 15 і 14 %. Восени чисельність фітопланктону коливалася в межах 4780—9360 тис. кл/дм³ з максимумом вище екотону і мінімумом нижче нього за домінування ціанобактерій і діатомових у співвідношеннях: вище екотону 45 і 20 % (з часткою зелених до 34 %), у притоці — 61 і 35 %, в екотоні і нижче нього перевагу мали діатомові водорості відповідно 25 і 66 %, 41 і 55 %.

Показники біомаси в усі сезони досліджень коливалися в межах 4,29—10,68 мг/дм³, причому амплітуда коливань мала подібні риси — з

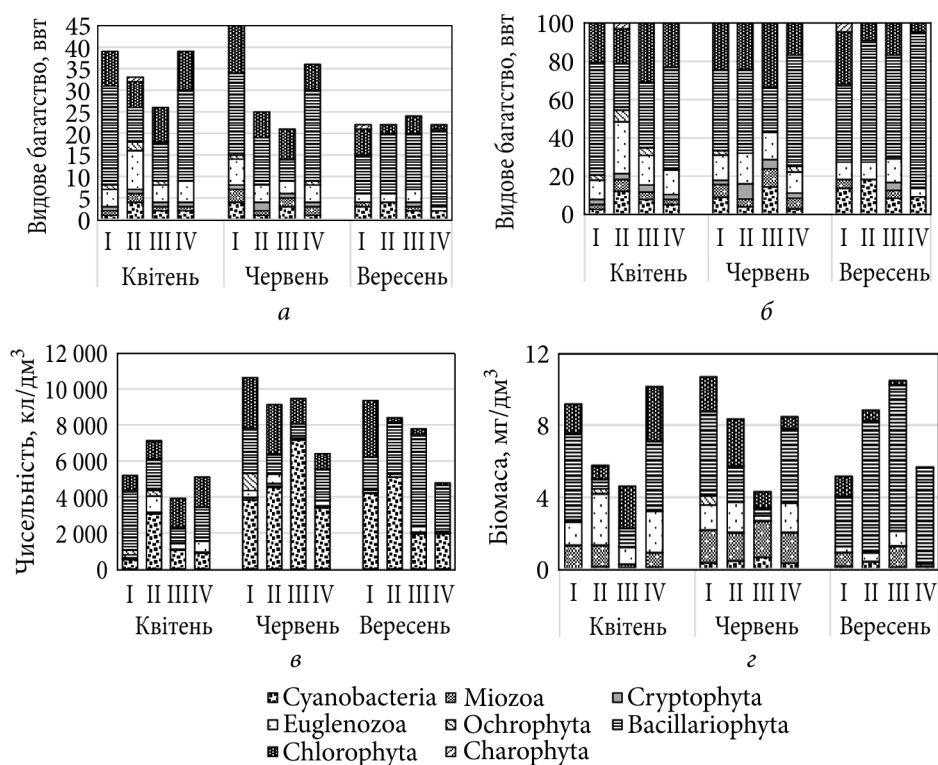


Рис. 1. Сезонна динаміка таксономічної структури фітопланктону (а — абсолютні величини, б — відносні величини) та його кількісних показників (в — чисельність, г — біомаса) в екотоні Ірпінь/Буча

мінімальними показниками в екотонній зоні навесні і влітку та максимумом в екотоні восени (рис. 1, г). Основу біомаси навесні вище екотону формували переважно діатомові (до 53 %), нижче екотону їхня частка знижувалась до 38 % внаслідок вегетації зелених і евгленових відповідно 30 і 23 %, за показниками біомаси у притоці домінували евгленові і динофітові (з частками 50 і 20 %), в екотоні — зелені (біля 51 %) і діатомові водорості (22 %). Влітку основу біомаси вище екотону формували діатомові (44 %), а також зелені, динофітові й евгленові (в межах 13—18 %), нижче екотону — діатомові (49 %), динофітові й евгленові (19—20 %), у притоці за біомасою переважали зелені (31 %) за участі діатомових (24 %), евгленових (20 %) та динофітових (18 %), в екотоні — домінували динофітові (до 47 %) за участі зелених (20 %), ціанобактерій (15 %) і діатомових (біля 10 %). Восени біомасу фітопланктону вище екотону формували діатомові (54 %) за участі зелених (21 %) та динофітових водоростей (15 %), нижче екотону роль діатомових зростала до 94 % завдяки алогенним формам притоки, представленим діатомовими до 83 %, а також вегетації діатомових в екотонній зоні на рівні 77 %.

У таблиці 1 продемонстровано домінуючі комплекси фітопланктону посезонно в екотоні Ірпінь/Буча. Альгологічний аналіз показав, що навесні вплив притоки нівелюється завдяки інтенсивному водообміну по-венеких вод р. Ірпінь з русловою системою, про що свідчить відсутність видів водоростей притоки у складі фітопланктону нижче екотону. Влітку і восени екотонна зона слугує рефугіумом для вегетації алогенних форм притоки і деякі з них отримують розвиток в р. Ірпінь нижче екотону (влітку — *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanobacteria) і *Peridinium cinctum* (Miozoa), восени — *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria) і *Synedra ulna* (Bacillariophyta)), а для деяких водоростей екотони слугують «пастками» (влітку — *Chlamydomonas monadina* (Chlorophyta), восени — *Melosira varians* і *Cocconeis placentula* (Bacillariophyta)).

У складі зоопланктону досліджених ділянок зареєстровано 73 таксо-ни, більшість з яких визначено до рангу виду: коловерток (Rotifera) — 34, гіллястовусих ракоподібних (Cladocera) — 19, веслоногих ракоподібних (Copepoda) — 19 і велігери Dreissena. За кількістю видів (таксонів), а та-кож за складом провідних родів зоопланктон досліджених ділянок мож-на характеризувати як ротаторний, а фауністичний спектр мав вигляд: 47—26—26—1 %. Частка коловерток у пробах коливалась у широких ме-жах — 13—67 %. Кількість гіллястовусих ракоподібних зростала на зарос-лих макрофітами ділянках екотону і коливалась на рівні 27—46 %, частка веслоногих рачків складала 23—75 %, що є природним для динаміки роз-витку зоопланктонного угруповання у сезонному аспекті.

Щодо видового багатства зоопланктону протягом різних сезонів, влітку зареєстровано найвищу кількість таксонів (47), порівняно з весня-ним (44) та осіннім (33) (рис. 2, а). Такі зміни характерні для вегетаційно-го періоду, тому що на початку літа масово починають розвиватися мак-рофіти, чому сприяє температурний режим. У результаті формуються оп-тимальні умови для існування гідробіонтів. Водночас як для весняного, так і для осіннього сезонів характерні більш низькі температури, корот-котривалість дня та сонячної радіації, внаслідок чого знижується про-дукція фітопланктону, що викликає відповідне зниження кількісних по-казників зоопланктону.

Кількість таксонів у пробах була навесні і влітку відповідно 18—36 і 8—31 з максимальними значеннями в екотоні та нижче нього. В осінній період зоопланктон характеризувався меншим видовим багатством, а саме 11—18 таксонів з мінімальною кількістю нижче екотону. Провідну роль у формуванні видової структури зоопланктону відігравали коловер-тки і веслоногі ракоподібні. Природно роль коловерток у весняний пе-ріод була найбільшою — 50—60 % від загальної кількості видів, влітку і восени зростала роль ракоподібних (рис. 2, б).

Показники кількісного розвитку зоопланктону протягом вегетацій-ного сезону змінювались у широких межах і найчастіше були більш висо-кими в екотоні (рис. 2, в, г). Навесні показники чисельності коливались у межах 2,35—76,09 тис. екз/м³: мінімальні у притоці, максимальні — ниж-че екотону. Основу чисельності на ділянках вище екотону формували

Таблиця 1

Сезонний аспект формування домінуючих комплексів фітопланктону в екотонній зоні Ірпінь/Буча

Таксони	I	II	III	IV
Квітень				
<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti emend. Elenk.		N		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs		N	N	
<i>Oscillatoria planctonica</i> Wołosz.	N	N	N	N
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm.		B		
<i>Peridinium cinctum</i> (O. Müll.) Ehr.	B			
<i>Euglena granulata</i> (Klebs) Schmitz				B
<i>Trachelomonas planctonica</i> Swir.		B		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	N			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Ralfs	B			B
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.			B	
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.		N		
<i>Chlamydomonas monadina</i> Stein.	B		B	B
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) An, Friedl et Hegew.			N	
Червень				
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenk.	N			
<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti emend. Elenk.	N			
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs		N	NB	N
<i>Oscillatoria planctonica</i> Wołosz.			N	
<i>Peridinium cinctum</i> (O. Müll.) Ehr.		B	B	B
<i>Glenodinium</i> sp.	B		B	
<i>Trachelomonas planctonica</i> Swir.				B
<i>Melosira varians</i> Ag.	B			B
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Ralfs				B
<i>Chlamydomonas monadina</i> Stein.	B	B	B	
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	N			
<i>Coelastrum sphaericum</i> Näg.		NB		
Вересень				
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenk.		N	N	N
<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti emend. Elenk.	N		N	N

Продовження табл. 1

Таксони	I	II	III	IV
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.		N		
<i>Oscillatoria planctonica</i> Wołosz.	N			
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm.			B	
<i>Peridinium cinctum</i> (O.Müll.) Ehr.		B		
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehr.) Grun.	B			
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	B			
<i>Melosira varians</i> Ag.		B	NB	
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.		B	B	NB
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.		NB	NB	
<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch		B		
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.				B
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	B			
<i>Westella botryoides</i> (W. West) De-Wild.	N			

П р и м і т к а. Тут і в табл. 2, 3: римськими цифрами позначені створи; N — вид домінує за чисельністю; B — за біомасою.

бделоїдні коловертки, нижче екотону — планктоні коловертки *Keratella quadrata*, *Polyarthra vulgaris*, наупліальні та копеподитні стадії веслоногих ракоподібних. Біомаса змінювалась від 0,01 до 0,33 г/м³: мінімальна на ділянках вище екотону, максимальна — в екотоні. Домінуючий комплекс видів був створений гіллястовусими рачками реофільними *Chydorus sphaericus* та фітофільними *Simocephalus vetulus*.

Влітку чисельність змінювалась у межах відповідно 0,64—97,56 тис. екз/м³ і 3,04—14,50 тис. екз/м³. Мінімальні показники чисельності зареєстровані на ділянках вище екотону, основу формували веслоногі *Acanthocyclops vernalis*, максимальні — на екотонній ділянці при домінуванні коловерток *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata* та гіллястовусих *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*. Біомаса змінювалась від 0,01 до 0,59 г/м³, як і навесні мінімальні показники були на ділянках вище екотону, максимальні — в екотоні. Домінуючий комплекс формували коловертки *Asplanchna priodonta* та гіллястовусі рачки *Chydorus sphaericus* і *Simocephalus vetulus*.

Восени мінімальні показники чисельності та біомаси зоопланктону зареєстровані нижче та вище екотону при домінуванні за чисельністю лімнофільних коловерток *Platylas quadricornis*, а також наупліальних і копеподитних стадій веслоногих ракоподібних, максимальні — в екотоні, де домінантами за чисельністю були коловертки *Brachionus quadridenta*.

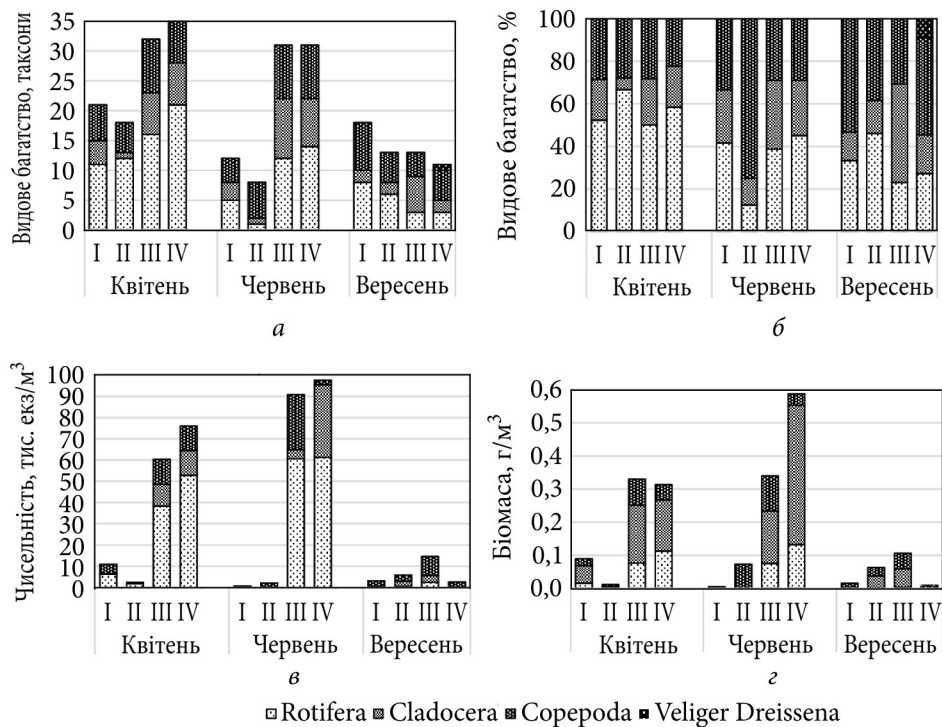


Рис. 2. Сезонна динаміка таксономічної структури зоопланктону (а — абсолютні величини, б — відносні величини) та кількісних показників (в — чисельність, г — біомаса) в екотоні Ірпінь/Буча

tus, *Mytilina ventralis*, веслоногі *Chydorus sphaericus*. Біомаса змінювалась від 0,01 до 0,11 г/м³. Домінуючий комплекс видів був створений гіллястовусими рачками *Chydorus sphaericus*, *Graptoleberis testudinaria* та веслоногими *Eucyclops serrulatus*.

Слід зазначити, що кількісний розвиток зоопланктону р. Буча у всі досліджені сезони відрізнявся невисокими показниками (див. рис. 2, в, г), але в екотоні його чисельність і біомаса збільшувались навесні відповідно у 25 і 30 разів, влітку — у 45 і 5 разів, восени — у 3 і 2 рази, що свідчить про біопродуктивність екотону з високою концентрацією видового різноманіття гідробіонтів.

Аналіз формування структурних показників зоопланктону в екотонній зоні Ірпінь/Буча за вегетаційний сезон показав природно динамічний характер перебудови видового складу, домінуючого комплексу і показників кількісного розвитку планктонних угруповань. Навесні у притоці домінували гіллястовусі ракоподібні *Chydorus sphaericus*, восени — *Ch. sphaericus* і наупліальні стадії Сорерода які продовжували розвиток в екотоні. Влітку виявлено спорадичний характер домінування представників зоопланктону, очевидно за рахунок формування біотопічного різноманіття досліджених ділянок та специфіки трофічних зв'язків планк-

Таблиця 2

**Формування домінуючих комплексів зоопланктону в екотонній зоні
Ірпінь/Буча у сезонному аспекті**

Таксони	I	II	III	IV
Квітень				
Nauplii Copepoda	N		N	
Bdelloidea gen. sp.	N	N		
<i>Keratella quadrata</i> Müller	N			N
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller	B			
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)		NB	NB	B
<i>Cyclops strenuus</i> Fischer		B		
<i>Simoccephalus vetulus</i> (O.F. Müller)			B	B
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas				N
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin				N
Червень				
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer)	NB	NB		
Nauplii Copepoda	N		N	
<i>Kellicottia longispina</i> Kellicott			N	
<i>Simoccephalus vetulus</i> (O.F. Müller)			B	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse			B	
<i>Keratella quadrata</i> Müller				N
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)				NB
<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller				NB
Вересень				
Nauplii Copepoda	NB	NB	N	NB
<i>Platylabus quadricornis</i> Ehrenberg	N			
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin	B			
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)		NB	NB	B
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)		B		
Cyclopoida juv.			NB	
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann			N	
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)			B	
Bdelloidea gen. sp.				N
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer)				B

тонної ланки (табл. 2). Загалом максимальні кількісні показники і високе таксономічне багатство протягом вегетаційного сезону в екотоні свідчать про сприятливі умови існування для планктонних тварин, а саме на-

ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2026. 62(5) 13

явність макрофітів, які забезпечують їх кормовим ресурсом, а також слугують «прихистком» або рефугіумом для їхнього розвитку. Деякі види продовжують розвиватися і домінувати на певній відстані нижче екотону.

Молодь риб. За період досліджень зареєстровано 23 види риб, що належать до восьми родин, більшість з них — представники аборигенної фауни. Видовий склад молоді риб був найбагатшим навесні (19 видів), влітку і восени, відповідно, виявлено 18 і 14 видів з найвищими показниками різноманіття у зоні екотону та домінуванням у видовій структурі коропових риб на рівні 43—78 % з мінімальною часткою навесні в р. Ірпінь нижче екотону і максимальною — влітку в екотоні (рис. 3, а, б).

У сезонному аспекті показники чисельності і біомаси молоді риб в екотонній зоні коливалися в широких межах за домінування коропових риб (рис. 3, в, г). Навесні чисельність змінювалася в межах 270—350 екз/100 м², біомаса — 101,8—490,4 г/100 м² з найвищими значеннями в екотоні. Влітку і восени чисельність в зоні екотону була вищою, ніж навесні, а біомаса — майже вдвічі нижчою. Так, влітку чисельність коливалася в межах 320—920 екз/100 м², біомаса — 78,1—172,6 г/100 м², восени

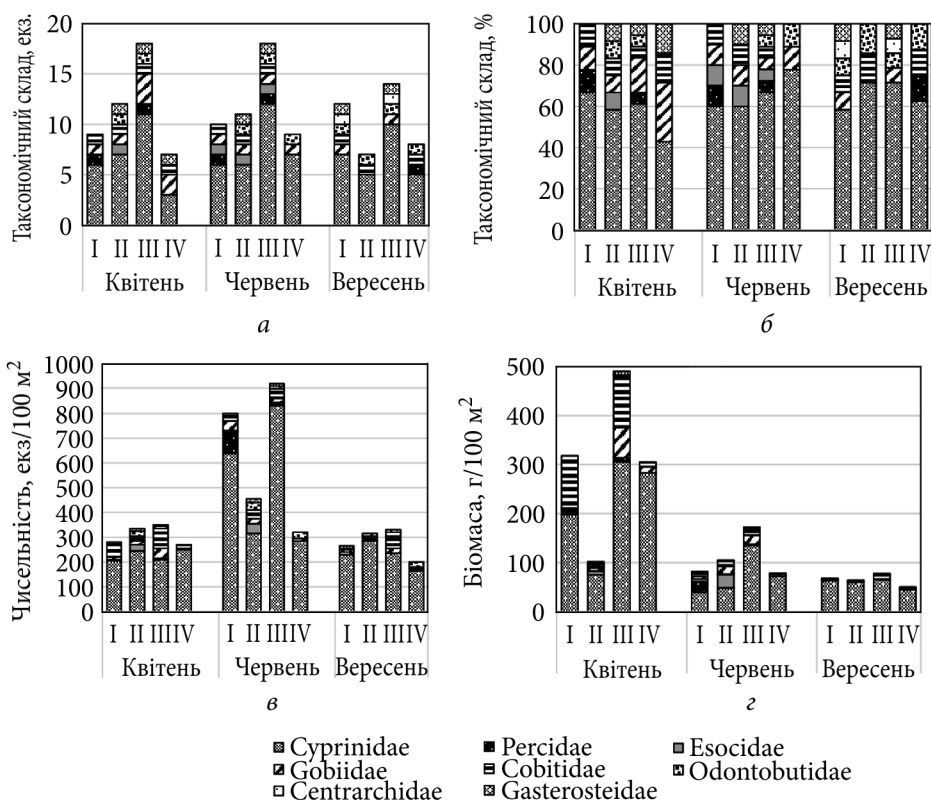


Рис. 3. Сезонна динаміка таксономічного складу молоді риб (а — абсолютні величини, б — відносні величини), чисельності (в) і біомаси (г) в екотоні Ірпінь/Буча

відповідно 200—330 екз/100 м² і 49,8—77,6 г/100 м² з найвищими значеннями чисельності і біомаси в екотоні.

Домінуючі комплекси навесні формували молодь плітки, гірчак, верхівка, щипавка, пічкур, влітку — окунь, верхівка, краснопірка, у всі сезони зареєстровано домінування гірчака європейського (табл. 3).

Отже, дослідження структури планктонних угруповань в екотонній зоні річок Ірпінь і Буча в сезонному аспекті показали зміну видової структури та кількісних показників угруповань у градієнтно-просторових межах екотону. Детальний аналіз специфіки формування структурних показників фіто- і зоопланктону продемонстрував буферну роль екотону річка/річка, в зоні якого змінюється видова структура і відбувається перебудова домінуючих комплексів угруповань в умовах впливу алогенного планктону притоки і зміни гідрологічних умов нижче її впадіння. Для формування структури угруповань молоді риб визначальну роль відігравали ступінь заростання русла основної річки макрофітами та вплив трансформованої притоки, в гирлі якої завдяки гідродинамічним особ-

Таблиця 3
Формування домінуючих комплексів іхтіофауни в екотоні Ірпінь/Буча у сезонному аспекті

Таксони	I	II	III	IV
Квітень				
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	N	N	N	N
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)		N		N
<i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	N		N	
<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	N			
<i>Leucaspius delineatus</i> (Heckel, 1843)		N		
Червень				
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	N	N	N	N
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)			N	
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	N		N	
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	N	N	N	N
<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	N			
Вересень				
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)		N		
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	N			
<i>Leucaspius delineatus</i> (Heckel, 1843)		N		
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	N	N	N	N
<i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758			N	

ливостям змішування водних мас складалися сприятливі умови для значного різноманіття іхтіофауни з найвищими показниками в екотоні.

Аналіз функціональних груп водоростей, екологічних та трофічних груп зоопланктону та іхтіофауни в межах екотону річка/річка (апробація комплексного методичного підходу)

Застосування методу функціональної діагностики водоростей дало можливість розшифрувати, які саме функціональні групи водоростей формувалися в межах екотону. За період досліджень фітопланктону загалом виділено 18 функціональних груп, за переважанням частки в загальній біомасі виокремлено дев'ять провідних груп водоростей, об'єднаних за функціональною, біотопічною, морфологічною та екологічною характеристиками (табл. 4), решта функціональних груп, присутність яких була епізодичною, а біомаса незначною, віднесена до категорії «інші».

Зоопланктон досліджених ділянок характеризувався значним екологічним різноманіттям. Загалом у його складі відмічені представники чотирьох екологічних груп, кожна з яких являє собою сукупність видів однієї або кількох життєвих форм: R — потамофільні види («річкові»),

Таблиця 4
Провідні функціональні групи водоростей в екотоні Ірпінь/Буча

Кодони	F-фактор	Представники і біотопічна приуроченість
T _B	F=5	Діатомеї, приурочені до лотичних умов (<i>Surirella</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Navicula</i> , <i>Gomphonema</i> , <i>Fragilaria</i> , <i>Achnanthes</i>)
D	F=4	Діатомеї, приурочені до мілководних скаламучених біотопів (<i>Cyclotella</i> , <i>Stephanodiscus</i> , <i>Skeletonema</i> , <i>Synedra</i>),
T _D	F=3	Бентосні та епіфітні діатомеї у водотоках з повільною течією і наявністю макрофітів (<i>Cocconeis</i> , <i>Caloneis</i> , <i>Cymatopleura</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Amphora</i> , <i>Stauroneis</i> , <i>Rhoicosphaenia</i> , <i>Gyrosigma</i> , <i>Epithemia</i> , <i>Diatoma</i>)
P	F=3	Діатомові і зелені водорості, що розвиваються в умовах евтрофного епілімніону (<i>Melosira</i> , <i>Aulacoseira</i> , <i>Coelastrum</i>)
W2	F=3	Водорості мілководних мезотрофних, добре перемішуваних лімнофільних біотопів (<i>Peridinium</i> , <i>Trachelomonas</i>)
J	F=2	Зелені водорості в мілководних евтрофних зонах (<i>Desmodesmus</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Oocystis</i> , <i>Siderocelis</i> , <i>Crucigenia</i> , <i>Monoraphidium</i> , <i>Ankistrodesmus</i> та ін.)
W1	F=1	Евгленові водорості застійних зон з вмістом органіки (<i>Euglena</i> , <i>Strombomonas</i> , <i>Phacus</i> , <i>Lepocinclis</i>)
W0 + Y _{pH}	F=1	Вольвоксові водорості застійних зон з надзвичайно високим органічним вмістом (<i>Chlamydomonas</i>) і збагачені Салужні зони (<i>Phacotus</i>)
L _M + H1	F=1	Ціанобактерії — види літнього епілімніону в евтрофних умовах (<i>Microcystis</i>) і динітроген-фіксуючі види Nostocales (<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i>)

представники лотичних систем, L — лімnofільні види («озерні»), представники лентичних систем, Ff — фітофільні види, мешканці заростей макрофітів, Sh — представники мілководних застійних зон — види, які мешкають переважно на неглибоких ділянках, що добре прогриваються. У таблиці 5 наведено екологічні групи зоопланктону в екотоні Ірпінь/Буча.

У таблиці 6 наведено екологічні групи молоді риб в екотоні Ірпінь/Буча, які включали R — реофільні види, L — лімnofільні види та E — еврибїонти.

На рисунку 4 представлено посезонно формування біомаси фіто- і зоопланктону та іхтіофауни за участю відповідно частки функціональних груп водоростей та екологічних груп планктонних безхребетних і молоді риб.

Таблиця 5

Екологічні групи зоопланктону в екотоні Ірпінь/Буча

Екологічні групи	Біотопічна приуроченість	Види
R	Потамofільні види	Коловертки <i>Brachionus calyciflorus</i> , <i>B. diversicornis</i> , <i>B. quadridentatus</i> , гіллястовусі ракоподібні <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Bosmina longirostris</i> , веслоногі <i>Thermocyclops oithonoides</i>
L	Лімnofільні види	Коловертки <i>Euchlanis dilatata</i> , <i>E. deflexa</i> , гіллястовусі ракоподібні <i>Acroperus harpae</i> , <i>Disparalona rostrata</i> , <i>Diaphanosoma brachyurum</i> , <i>Pleuroxus aduncus</i> , дорослі циклопи <i>Acanthocyclops vernalis</i> , <i>Mesocyclops leuckarti</i>
Ff	Фітофільні види	<i>Graptoleberis testudinaria</i> , <i>Simocephalus vetulus</i> , циклопи <i>Macrocyclus albidus</i>
Sh	Представники мілководних та застійних зон	Бделoїдні коловертки, веслоногі ракоподібні <i>Eucyclops serrulatus</i> , гіллястовусі ракоподібні <i>Daphnia longispina</i>

Таблиця 6

Екологічні групи молоді риб в екотоні Ірпінь/Буча

Екологічні групи	Біотопічна приуроченість	Види
R	Реофільні види	<i>Alburnoides rossicus</i> , <i>Leuciscus leuciscus</i> , <i>Squalius cephalus</i> , <i>Gobio gobio</i> , <i>Neogobius fluviatilis</i> , <i>Petroleuciscus borysthenticus</i> , <i>Cobitis taenia</i>
L	Лімnofільні види	<i>Tinca tinca</i> , <i>Carassius auratus</i> , <i>Alburnus alburnus</i> , <i>Leucaspis delineatus</i> , <i>Perca fluviatilis</i> , <i>Esox lucius</i> , <i>Blicca bjoerkna</i> , <i>Rhodeus amarus</i> , <i>Lepomis gibbosus</i> , <i>Scardinius erythrophthalmus</i> , <i>Rutilus rutilus</i> , <i>Pseudorasbora parva</i> , <i>Abramis brama</i> , <i>Percottus glenii</i>
E	Еврибїонти	<i>Proterorhinus semilunaris</i> , <i>Babka gymnotrachelus</i> , <i>Pungitius platygaster</i>

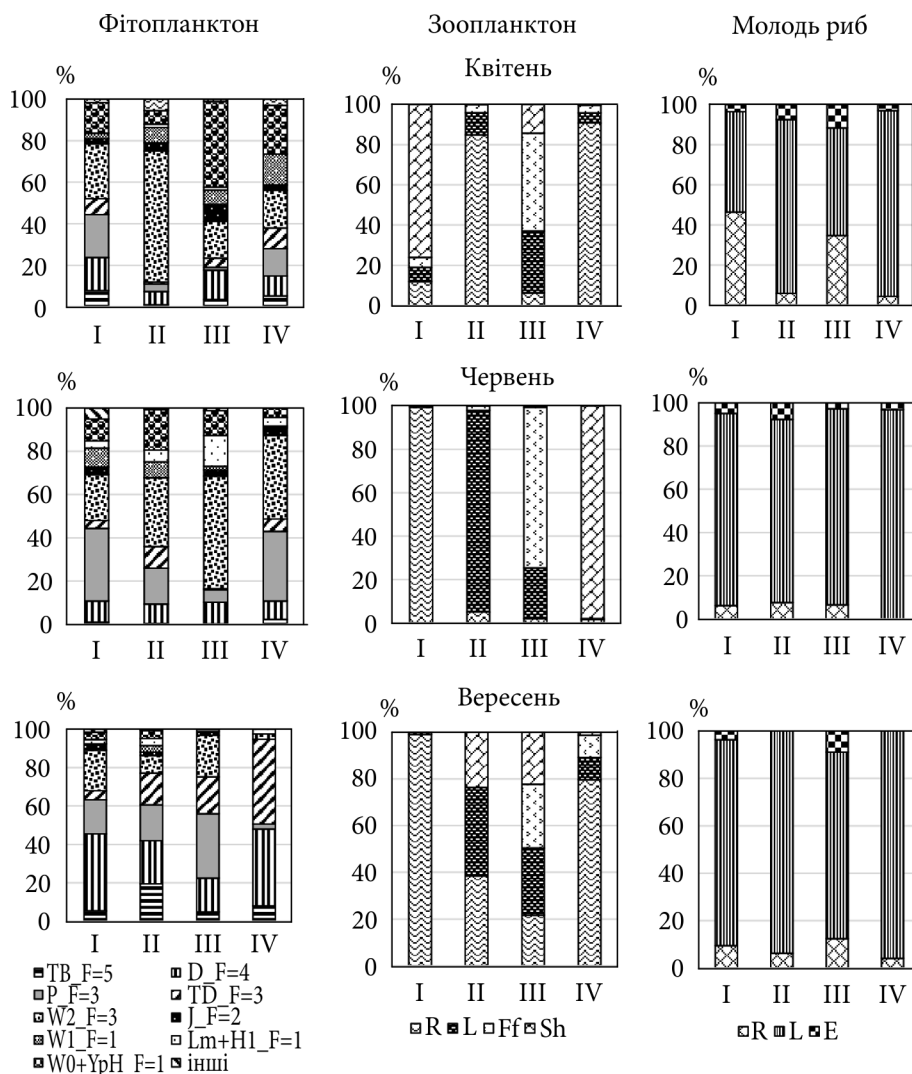


Рис. 4. Сезонний аспект формування біомаси фітопланктону за часткою функціональних груп водоростей (див. табл. 4) і біомаси зоопланктону та іхтіофауни за часткою екологічних груп (див. табл. 5, 6) в екотоні Ірпінь/Буча

Навесні біомаса фітопланктону притоки була представлена на рівні 63 % динофітовими та евгленовими водоростями групи W2, в екотоні їхня частка знижувалась до 18 % і зростала роль вольвоксових водоростей застійних зон груп W0+Y_{pH} на рівні 41 %, вище екотону основу біомаси формували представники групи W2 (26 %), діатомові і зелені водорості евтрофного епілімніону групи P (21 %), діатомові мілководних скаламучених біотопів групи D (16 %), а також вольвоксові груп W0+Y_{pH} (15 %), нижче екотону роль динофітових і евгленових групи W2 зберігалася, як і в екотоні, на рівні 18 % та водоростей групи P — до 13 %, частка вольвок-

сових зростала до 23 %, завдяки надходженню з екотонної зони. Біомаса зоопланктону навесні була представлена екологічними групами, що склалися вище екотону в основному з представників мілководних зон *Daphnia longispina* (76 %), у притоці і нижче екотону переважали потамофільні види коловерток, гіллястовусі рачки *Chydorus sphaericus*, циклопи *Cyclops strenuus* (відповідно 85 і 91 %), в екотоні домінували *Ch. sphaericus* (49 %) і фітофільні види *Simocephalus vetulus* (31 %). Структуру риб на меандрованій ділянці р. Ірпінь вище екотону навесні формували в рівних частках реофільні і лімnofільні види (біля 47 %), у процесі скочування молоді риб вниз за течією частка реофілів у зоні екотону знижувалась до 34 %, нижче екотону — до 4 %, у притоці реофільні види були представлені на рівні 6 %. Гідрологічні умови весняної повені були більш сприятливими для розвитку лімnofільних видів, в притоці їхня частка складала 87 %, в екотоні — 53 %, нижче екотону збільшувалась до 92 %. Частка еврибіонтів, представники яких займали тимчасові біотопи з нестабільним рівнем води, була найвищою в екотоні — біля 11 %, на інших ділянках в межах — 3—7 %.

Влітку основу біомаси притоки формували динофітові й евгленові лімnofільних біотопів групи W2 (біля 32 %), вольвоксові водорості застійних зон груп W0+Y_{PH} (19 %) та діатомові і зелені водорості евтрофного епілімніону групи P (17 %). В екотоні посилювалась роль представників групи W2 (до 52 %), а також ціанобактерій груп L_M+H1 (на рівні 14 %), дещо знижувалась частка вольвоксових груп W0+Y_{PH} (до 11 %). Вище екотону переважали діатомові і зелені водорості групи P (34 %), динофітові й евгленові групи W2 (21 %), діатомеї мілководних скаламучених біотопів групи D і вольвоксові W0+Y_{PH} (по 10 %). Нижче екотону основу біомаси фітопланктону визначали представники груп W2 і P — відповідно 39 і 32 %. Зоопланктон притоки був представлений лімnofільними видами *Acanthocyclops vernalis*, *Mesocyclops leuckarti* на рівні 93 %, в екотоні їхня частка скорочувалась до 23 % через розвиток фітофільних *Simocephalus vetulus* (до 74 %). Вище екотону в р. Ірпінь домінували потамофільні коловертки та гіллястовусі *Bosmina longirostris*, нижче екотону — представники мілководних застійних зон веслоногі ракоподібні *Eucyclops serrulatus*. Частка реофільних видів риб, представлених молоддю щипавки та головня, в літній період у зоні екотону була незначною — 6—8 %, що пов'язано з міграційним переміщенням лімnofільних видів в більш глибоководні зони, нижче екотону вони не зареєстровані. Структуру угруповань формували переважно лімnofільні види, частка яких коливалася в межах 85—97 % за домінування гірчака та плітки — відповідно 22—55 і 13—28 %.

Восени алогенний фітопланктон притоки формували переважно діатомові різноманітних біотопів, що належать до груп D (23 %), T_B і P (по 19 %), T_D (17 %). В екотоні роль діатомей груп D, P і T_D зберігалася відповідно на рівні 18, 33 і 19 % та супроводжувалася вегетацією динофітових та евгленових групи W2 (до 22 %). Вище екотону основу біомаси формували представники діатомових груп D і P відповідно 40 і 18 %, а

також динофітові і евгленові групи W2 (21 %), які розвивалися в екотоні. Нижче екотону домінували бентосні й епіфітні діатомеї водотоків з повільною течією і наявністю макрофітів групи T_D та діатомові водорості мілководних скаламучених зон групи D відповідно на рівні 44 і 40 %. В зоопланктоні восени переважали потамофільні види коловерток, вище екотону — на рівні 98 %, нижче екотону їхня частка не суттєво знижувалася до 79 %. Хоча з притоки надходив комплекс потамофільних і лімnofільних видів та організмів мілководних застійних зон у співвідношенні 37:37:26 %, у зоні екотону майже в рівних частках розвивалися представники усіх екологічних груп. В осінній період на всіх ділянках спостерігалось істотне домінування лімnofільних видів молоді риб в межах 80—96 % за участю гірчака європейського на рівні 13—52 %, найнижчі значення зареєстровано в екотоні, найвищі — нижче екотону. Найбільшу частку реофільних видів зареєстровано в межах екотону — біля 13 %.

Аналіз трофічних взаємозв'язків угруповань планктонної ланки показав, що в екотонній зоні відбувається перерозподіл та трансформація потоків органічної речовини в сезонному аспекті. Доступність споживання гідробіонтами за трофічним ланцюгом вказує варіювання середньої маси клітин фітопланктону посезонно (B/N): навесні — в межах $0,81—1,99 \times 10^{-6}$ мг/кл з найнижчим значенням в гирлі притоки, влітку — $0,45—1,32 \times 10^{-6}$ мг/кл з найнижчим значенням в екотоні, восени — $0,55—1,34 \times 10^{-6}$ мг/кл з найнижчим значенням вище екотону. У літній та осінній періоди зменшення середньої маси клітин фітопланктону в екотоні супроводжується зростанням частки нанопланктофагів у складі зоопланктону, що свідчить про доступність першопродуцентів. Це, зі свого боку, відображається у збільшенні частки планктофагів поміж молоді риб, що демонструє нормальне функціонування трофічного ланцюга. На відміну від цього, навесні, за умов інтенсивного водообміну, спостерігається розрив між трофічними рівнями: структура фітопланктону менш стабільна, а частка спеціалізованих споживачів знижена. Отже, ефективність передачі енергії в екотоні є сезонно залежною і максимізується в умовах стабільного гідрологічного режиму та відіграє роль у підтримці біопродуктивності річкової системи.

Проаналізовано вплив абіотичних чинників планктонної ланки в межах екотону. Кореляційний аналіз показав, що біомаса реофільних видів риб позитивно пов'язана зі швидкістю течії ($r = 0,759$; $p \leq 0,05$), що відображає їхню приуроченість до ділянок із збереженим русловим гідродинамічним режимом. Водночас виявлено негативний зв'язок з проєктивним покриттям макрофітів ($r = -0,523$; $p \leq 0,05$), що вказує на обмеження розвитку реофільних видів у зарослих макрофітами, гідравлічно-сповільнених біотопах. У межах екотону ці залежності проявляються як просторове розмежування угруповань, що узгоджується з сезонною динамікою, за якої навесні, в умовах підвищеного стоку, зростає роль реофілів, тоді як у літньо-осінній період, при стабільному гідрологічному режимі, домінують лімnofільні види. Додатково виявлено кореляційні за-

лежності для окремих компонентів планктонної ланки (зоопланктону та фітопланктону), які відображають вплив гідродинамічних і біотопічних чинників, однак мають допоміжний характер і не визначають основних закономірностей формування угруповань у межах екотону.

Обговорення результатів досліджень

Отримані результати підтверджують, що зона злиття річок функціонує як динамічний екотон, у якому структура планктонних угруповань визначається співвідношенням транзитних і локальних процесів. Подібний підхід узгоджується з концепцією річкового континууму [34], відповідно до якої біота річок формується під впливом поздовжніх градієнтів, але водночас уточнює її, демонструючи, що у вузлових ділянках річкової мережі відбувається локальне порушення цієї континуальності. У період весняної повені, в умовах підвищеного водообміну та вирівнювання гідрологічних характеристик, екотон виявляє переважно транзитні властивості. Це проявляється у високій подібності видового складу планктону в притоках і нижче за течією, що свідчить про домінування процесів перенесення організмів водним потоком над їх локальним розвитком. Подібні явища описані для річкових мереж як ефект «гідрологічного згладжування», коли інтенсивний стік зменшує просторову диференціацію угруповань [14, 35]. Подібна роль вузлових ділянок руслової мережі відмічалась і в регіональних дослідженнях, де показано, що руслові екотони можуть виступати зонами перебудови планктонних угруповань навіть за відносно стабільних гідрологічних умов [7, 30]. Наші дослідження показали, що у період весняної повені такі ділянки можуть виконувати переважно транзитну функцію, тоді як у літньо-осінній період — переходити до режиму акумуляції та вибіркового розвитку окремих таксонів, що підтверджено й іншими дослідниками [20, 35].

На відміну від цього, у літньо-осінній період, за зниження витрат води та послаблення течії, спостерігається чітка перебудова структури планктонних угруповань у межах екотону. Зростає відмінність між складом фітопланктону і зоопланктону у притоках і в зоні нижче злиття, що свідчить про посилення локальних процесів — розвитку, відбору та накопичення окремих таксонів. Це узгоджується з уявленнями про екотони як «гарячі точки» біопродукції та біогеохімічної активності [25, 37], де поєднання ресурсів з різних джерел стимулює локальний розвиток біоти. Подібні механізми локального розвитку фітопланктону в руслових екотонах були показані також для інших річок України, де встановлено посилення продукційних процесів у перехідних ділянках русла [30]. Таким чином, екотон переходить у режим, в якому він функціонує не лише як зона змішування, але і як середовище вибіркового розвитку, де формуються специфічні угруповання, відмінні від вихідних.

Таке сезонне переключення функціональної ролі узгоджується з уявленнями про екотони як зони підвищеної просторово-часової мінливості, у яких напрямок та інтенсивність процесів визначаються гідрологічним режимом [35]. Водночас отримані дані дозволяють уточнити ці

уявлення для лотичних систем, показуючи, що екотони типу річка/річка можуть змінювати свою роль від транзитної до акумулятивної залежно від сезонних змін стоку. Це наближає їх до функціонування заплавних екотонів, де подібні процеси описані в рамках концепції паводкового імпульсу [20], проте у випадку злиття річок ці процеси реалізуються в межах руслової мережі. Аналогічні процеси описані також для зон злиття як вузлів екологічної зв'язності, де змінюється співвідношення імпорту та локальної продукції як на рівні екосистеми [28], так і на рівні окремих видів [13].

Важливим результатом є також встановлення зв'язку між структурою планктонних угруповань і розподілом молоді риб. Подібні зв'язки широко висвітлені в гідроекологічних дослідженнях, де підкреслюється роль локальної продуктивності та гідродинамічних умов у формуванні кормової бази і виживанні ранніх стадій риб [26, 38]. У періоди, коли екотон функціонує як зона накопичення та розвитку планктону, створюються сприятливі умови для нагулу ранніх вікових груп. Підвищення щільності кормової бази, зниження швидкості течії та наявності мікрогетерогенності середовища сприяють концентрації молоді риб у таких ділянках. Отримані результати узгоджуються із сучасними даними щодо структури іхтіофауни басейну р. Ірпінь, де показано тісний зв'язок розподілу риб із гідрологічною неоднорідністю середовища та наявністю локальних біотопів [2, 27]. Видовий склад та екологічні особливості риб також відповідають узагальненим уявленням про іхтіофауну європейських прісних вод [17, 22]. Отже, екотон виконує роль локального осередку, де поєднуються трофічні та захисні умови, необхідні для виживання молоді.

Водночас ці самі властивості можуть сприяти закріпленню і поширенню чужорідних видів. Уповільнення течії та підвищення продуктивності створюють сприятливі умови для видів із широкою екологічною пластичністю, які здатні швидко освоювати нові біотопи. Подібна роль екотонів як «воріт інвазій» відмічається в сучасних дослідженнях, де показано, що перехідні зони характеризуються підвищеною інвазійною сприйнятливістю [29]. У контексті річкових систем це означає, що саме вузлові ділянки мережі можуть відігравати ключову роль у поширенні чужорідних видів уздовж течії [12]. Ці процеси можуть посилюватися в умовах антропогенних порушень, зокрема трансформації гідрологічного режиму та структури біоти, що відмічено для водних екосистем України в останні роки [11, 24].

Отримані результати також мають значення для розуміння простої організації річкових екосистем. Екотони типу річка/річка можна розглядати як вузлові елементи річкової мережі, в яких відбувається перерозподіл речовини та організмів, що узгоджується із сучасними уявленнями про річки як ієрархічно організовані мережі взаємопов'язаних ділянок [14]. Залежно від гідрологічних умов у їхніх межах можуть переважати або процеси перенесення організмів вниз за течією, або процеси їх затримання і трансформації угруповань, що в підсумку впливає на формування біоти на нижче розташованих ділянках. Важливими чинника-

ми, що підсилюють просторову неоднорідність сучасних річкових систем, є антропогенні, зокрема воєнні впливи, які призводять до зміни гідроморфологічних характеристик водотоків і, відповідно, структури екотонів [11, 19].

Узагальнюючи, можна стверджувати, що зона злиття річок є не просто ділянкою контакту двох водотоків, а динамічною екотонною системою, функціональна роль якої визначається співвідношенням процесів перенесення та локального розвитку біоти. Сезонна зміна цього співвідношення зумовлює перебудову планктонних угруповань і пов'язаних з ними компонентів екосистеми, зокрема молоді риби, що підкреслює необхідність врахування екотонної структури при аналізі та управлінні річковими системами.

Висновки

Зона злиття річок у системі Ірпінь — Буча функціонує як динамічний екотон, в якому структура планктонних угруповань визначається співвідношенням процесів перенесення організмів водним потоком і їх локального розвитку. Отримані результати показали, що функціональна роль такого екотону не є сталою, а змінюється залежно від гідрологічного режиму.

У період весняної повені екотон проявляє переважно транзитні властивості: структура фітопланктону і зоопланктону визначається масоперенесенням організмів із приток, а відмінності між ділянками згладжуються. У літньо-осінній період, в умовах зниження стоку і послаблення течії, екотон переходить у режим акумуляції, коли посилюються процеси локального розвитку, відбору та накопичення окремих таксонів, що призводить до формування специфічних угруповань.

Встановлено, що зміни структури планктонних угруповань у межах екотону безпосередньо пов'язані з умовами існування молоді риби. У періоди акумуляції створюються сприятливі умови для її нагулу через підвищення кормової бази та зниження гідродинамічного стресу. У такий спосіб, екотон виконує функцію локального осередку підтримання ранніх вікових груп риби.

Водночас показано, що екотонні зони характеризуються підвищеною проникністю для чужорідних видів. Поеднання високої продуктивності, мікрогетерогенності середовища та зниженої швидкості течії створює умови для їх закріплення і подальшого поширення. Це свідчить про двоїсту роль екотонів — як осередків підтримання аборигенних угруповань і потенційних центрів інвазій.

Узагальнюючи отримані дані, можна розглядати екотони типу річка/річка як вузлові елементи річкової мережі, які регулюють просторову організацію біоти. Залежно від гідрологічних умов вони можуть функціонувати як зони транзиту або як зони акумуляції та трансформації угруповань, визначаючи структуру біоти на нижче розташованих ділянках.

Отримані результати розширюють уявлення про функціональну роль річкових екотонів і підкреслюють необхідність врахування їхньої

сезонної динаміки при дослідженні та управлінні водними екосистемами, особливо в умовах антропогенно зміненого гідрологічного режиму.

Список використаної літератури

1. Зимбалева Л.Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ (Экологический очерк). Киев: Наук. думка, 1981. 216 с.
2. Куцоконь Ю.К., Циба А.А., Скворчинський А.О. Зміни видового складу іхтіофауни Ірпіння (басейн Дніпра) протягом останнього століття. *Наук. вісник Чернів. ун-ту. Біологія. (Біологічні системи)*. 2012. Т. 4, № 4. С. 507—510.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос, 2006. 408 с.
4. Мовчан Ю.В. Риби України (визначник-довідник). Київ: Золоті ворота, 2011. 444 с.
5. Пашкова О.В. Об экологической классификации придонного животного населения мелководий днепровских водохранилищ. *Гидробиол. журн.* 1985. Т. 21, № 5. С. 74—79.
6. Романь А.М. Метод застосування сачка як знаряддя для збору іхтіологічного матеріалу. Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: Матеріали IX Міжнар. іхтіол. наук.-практ. конф. (14—16 вер. 2016, м. Одеса). Одеса: ТЕС, 2016. С. 228—229.
7. Середа Т.М., Гулейкова Л.В., Мантурова О.В., Гупало О.О. Механізми формування планктонних угруповань у руслових екотонах (на прикладі річки Горинь). Матеріали IX з'їзду Гідроекол. тов. України. (18—20 вер. 2024 р., м. Дніпро). Дніпро, 2024. С. 59—61.
8. Середа Т.М., Мантурова О.В., Афанасьєв С.О. Зміни структурних показників фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон після руйнування греблі Каховської ГЕС. *Екол. науки*. 2025. № 4, вип. 61. С. 156—161.
9. Харченко Т.А. Концепция экотон в гидробиологии. *Гидробиол. журн.* 1991. Т. 27, № 4. С. 3—9.
10. Харченко Т.А. Экологические основы функционирования речных экосистем. Киев: Наук. думка, 1991. 176 с.
11. Afanasyev S.O. Impact of war on hydroecosystems of Ukraine: conclusion of the first year of the full-scale invasion of Russia (a review). *Hydrobiol. J.* 2023, Vol. 59, N 4, P. 3—16.
12. Afanasyev S., Hupalo O., Tymoshenko N. et al. Morphological and trophic features of the invasive *Babka gymnotrachelus* (Gobiidae) in the plain and mountainous ecosystems of the Dniester Basin: spatiotemporal expansion and possible threats to native fishes. *Fishes*. 2023, 8 (9), art. no. 427.
13. Afanasyev S., Lietytska O., Golub O. et al. New findings of white clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Decapoda, Astacidae), and peculiarities of its spatial distribution in Neretvica (Bosnia and Herzegovina). *Zoodyversity*. 2021. Vol. 55 (4). P. 285—294.
14. Altermatt F. Diversity in riverine metacommunities: a network perspective. *Aquat. Ecol.* 2013. Vol. 47. P. 365—377.
15. Borics G., Várbiro G., Grigorszky I. et al. A new evaluation technique of potamoplankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 2007. Vol. 161, N 3—4. P. 465—486.
16. Ecotones: the role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments / Ed. by M.M. Holland & R.J. Naiman. *Biology International*. 1988. Special Iss. 17. P. 47—106.
17. Froese R., Pauly D. 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
18. Guiry G.M., Guiry M.D. AlgaeBase. World-wide electronic publication. Galway: Nat. Univ. Ireland, 2025. <http://www.algaebase.org>

19. Ivanova N.O., Dubniak S.S., Zorina-Sakharova K.Ye. et al. Hydrological and morphological characteristics of the water bodies of the Irpin river basin in view of hostilities' impact. *Hydrobiol. J.* 2024. Vol. 60, N 6. P. 73—87.
20. Junk W.J., Bayley P.B., Sparks R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. 1989. P. 110—127.
21. Kosates A. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Ders Kitap - ları Serisi, Ege Üniversitesi Basımevi, 2008. İzmir. 585 pp.
22. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. Publ. Kottelat, Cornol, Switzerland. 2007. P. 646.
23. Naiman R.J., Decamps H. The ecology of interfaces: riparian zones. *Ann. Rev. Ecol. System.* 1997. 28 P. 621—658.
24. Nezbrytska I., Bilous O., Sereda T. et al. Effects of war-related human activities on microalgae and macrophytes in freshwater ecosystems: A case study of the Irpin River Basin, Ukraine. *Water.* 2024. Vol. 16: 3604.
25. Odum E.P. Ecology: The link between the natural and the social sciences. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1975. 244 p.
26. Pettit N.E., Naiman R.J., Warfe D.M. Connectivity in floodplain rivers: linking ecological processes to river management. *Front. Ecol. Environ.* 2017. Vol. 15. P. 38—46.
27. Prychepa M.V., Kovalenko Yu.O., Nezbrytska I.M. et al. Structure and distribution of ichthyofauna in the Irpin River Basin after the hostilities' cessation in its catchment area. *Hydrobiol. J.* 2025. Vol. 61, N 1. P. 13—27.
28. Rice S.P., Greenwood M.T., Joyce C.B. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2008. Vol. 65(12). P. 2512—2523.
29. Sánchez-Hernández J. Fresh perspectives on the River Continuum Concept require trophic ecology approaches focussed on food web structure and energy mobilisation routes. *J. Anim. Ecol.* 2023. 92(5). P. 957—964.
30. Sereda T.M., Manturova O.V., Usov O.Ye. Patterns of phytoplankton and microphtobenthos development in channel ecotones in the Goryn River. *Hydrobiol. J.* 2024. Vol. 60, N 1. P. 28—42.
31. Shevchenko T.F., Klochenko P.D., Sereda T.M. Phytoplankton annual dynamics and ecological characteristics in the Irpin River (Ukraine) prior to the beginning of military activities. *Ibid.* 2024. Vol. 60, N 3. P. 26—44.
32. Shevchenko T.F., Sereda T.M., Nezbrytska I.M. et al. Changes in phytoplankton of the Irpin River (Ukraine) as a result of military activities in its basin. *Ibid.* 2024. Vol. 60, N 4. P. 24—37.
33. Shevtsova L.V., Guleykova L.V. Long-term dynamics of zooplankton of the Desna river. *Ibid.* 2005. Vol. 41, N 4. P. 3—14.
34. Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W. et al. The river continuum concept. *J. Fish. Aquat. Sci.* 1980. Vol. 37. P. 130—13.
35. Ward J.V., Tockner K., Schiemer F. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management.* 1999. Vol. 15, N 1—3. P. 125—139.
36. Ward J.V., Wiens J.A. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 2001. Vol. 1, N 1. P. 25—36.
37. Wetzel R.G. Land-Water Interfaces: Metabolic and Limnological Regulators. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 1990. 24. P. 6—24.
38. Zalewski M., Puchalski W., Frankiewicz P., Bis B. Riparian ecotones and fish communities in rivers — Intermediate complexity hypothesis'. *Rehabilitation of Freshwater Fisheries, Fishing News Books / Ed. by I.G. Cowx.* 1994. P. 152—160.

Надійшла 20.04.2026

T.M. Sereda, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: seredatm@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2679-4008

L.V. Guleikova, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: liudmyla.guleikova@gmail.com
ORCID 0009-0001-6581-5564

M.V. Prychepa, PhD (Biol.), Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: prichepa1987@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3114-2402

Yu.O. Kovalenko, PhD (Biol.), Junior Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: kovalenkoyulia888@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4818-4542

S.O. Afanasyev, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Acad. of the NAS of Ukraine,
Chief Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: safanasyev@ukr.net
ORCID: 0000-0002-5247-3542

RIVER CONFLUENCE AS A DYNAMIC ECOTONE: SEASONAL RESTRUCTURING OF PLANKTON COMMUNITIES (IRPIN — BUCHA RIVER SYSTEM)

The paper presents the results of research on the structural indicators of phyto- and zooplankton and juvenile fish of the Irpin River in the area of the Bucha River confluence in a seasonal aspect. In order to clarify the features and mechanisms of the formation of the taxonomic structure of the plankton link in the gradient-spatial boundaries in the river/river ecotone, a comprehensive methodological approach was tested based on functional groups of algae and ecological and trophic groups of zooplankton and juvenile fish. Correlation analysis and trophic relationships of the plankton link demonstrated the buffering role of the river/river ecotone, in the zone of which the species structure of phyto- and zooplankton changes in summer and autumn and the restructuring of dominant complexes occurs under the influence of allogeneic plankton of the tributary; in spring, the influence of the tributary is leveled by the intensive water exchange of flood waters with the channel system of the Irpin River. The degree of overgrowth of the main river bed with macrophytes and the influence of the transformed tributary played a decisive role in the formation of the structure of young fish, at the mouth of which, due to the hydrodynamic features of the mixing of water masses, favorable conditions were created for a significant diversity of ichthyofauna with the highest indicators in the ecotone: in the spring due to the development of rheophilic fish species, in the summer and autumn — representatives of limnophilic fish species.

Keywords: planktonic communities, phytoplankton, zooplankton, juvenile fish, ecotones, seasonal aspect, the Irpin River, the Bucha River, the Dnieper River basin.