

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

МОРОЗОВСЬКА ІРИНА ОЛЕКСІЇВНА



УДК [574.5:[591.524.11+574.586]] (621.311.25)

СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ КОНСОРТИВНОГО ТИПУ В БЕНТОСІ ТА
ПЕРИФІТОНІ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА АЕС

03.00.17 – гідробіологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті гідробіології НАН України, м. Київ

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор,
провідний науковий співробітник
відділу екологічної гідрології та технічної гідробіології
Протасов Олександр Олексійович,
Інститут гідробіології НАН України

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Лукашов Дмитро Володимирович,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
завідувач кафедри екології та зоології

доктор біологічних наук, доцент
Уваєва Олена Іванівна,
Житомирський державний університет імені Івана Франка,
доцент кафедри екології, природокористування
і біології людини

Захист відбудеться «___» _____2019 року о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.213.01 в Інституті гідробіології НАН України за адресою: Україна, 04210 Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституті гідробіології НАН України за адресою: Україна, 04210 Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12.

Автореферат розісланий «___» _____ 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 26.213.01,

доктор біологічних наук



Н.І. Кірпенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В теперішній час екологічні проблеми, зокрема проблеми дослідження, раціонального використання гідроекосистем пов'язані з декількома основними напрямками: це збереження та відтворення біологічного різноманіття, пошуки адекватних методів оцінки якості середовища та покращення якості води, умов існування різноманітних гідробіонтів, використання потенціалу самоочищення водойм, зниження рівня біологічних перешкод в системах водопостачання, підвищення біологічної продуктивності гідроекосистем. Практичні життєві проблеми людства не можуть бути вирішені без глибокого дослідження біосферних процесів на різному рівні прояву біотичних та екологічних закономірностей. Саме проблема формування структури біотичних угруповань є однією з важливих в гідробіології та екології. Ще наприкінці 19 ст. гідробіологи (К. Mobius, К. Petersen) звертали увагу на велике різноманіття та широкий спектр структури біотичних угруповань в гідросфері (Протасов, 2011). Значне місце в водних гідроекосистемах займають угруповання консортивного типу, де більшість зв'язків має відношення до центрального виду-едифікатора (Мазинг, 1966; Мальцев, 1987; Голубець, 2000; Протасов, 2006). Особливості таких угруповань полягають в тому, що в їх структурі велике значення має популяція центрального виду-едифікатора, який суттєво змінює абіо- та біотичне середовище для всіх членів угруповання. Завдяки наявності виду-едифікатора в даному угрупованні з'являються види, які входять до нього тільки через зв'язок з едифікатором. Глибоке дослідження біотичних угруповань неможливе без вивчення ценотичних зв'язків, в тому числі на рівні консорцій.

В прикладному аспекті важливим є те, що саме консортивні угруповання створюють найбільші біологічні перешкоди в роботі обладнання систем водопостачання та гідротехнічного обладнання, в тому числі АЕС (Харченко, 1981; Протасов, 2011, Техноекосистема АЭС, 2011). Дослідження процесу формування консортивних угруповань є дуже важливим для обмеження біологічних перешкод систем водопостачання та охолодження АЕС, які викликаються розвитком організмів перифітону та їх угруповань.

Водойми-охолоджувачі являють собою унікальний екологічний об'єкт для фундаментальних гідробіологічних досліджень. Вони є не тільки технічними водними об'єктами спеціального призначення, але і елементами ландшафтних комплексів того чи іншого регіону. Тому їх екологічний стан (екологічний потенціал, згідно Водної Рамкової Директиви ЄС) має бути суттєво не гіршим, ніж у водоймах на прилеглих територіях. Угруповання консортивного типу, в тому числі з домінуванням фільтраторів, відіграють велику роль у біологічному самоочищенні водойм.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота виконувалась в Інституті гідробіології НАН України у відділі екологічної гідрології та технічної гідробіології.

Робота виконувалась у рамках наступних тем ІГБ НАНУ: бюджетні теми № 86 «Розробка інтегральних показників еколого-санітарного стану гідроекосистем на

основі вивчення біотичної різноманітності» (№ ДР 0101U004990); № 98 «Санітарно-гідробіологічна оцінка стану та прогноз наслідків техногенного впливу на водні екосистеми із застосуванням методології екоіндикації» (№ ДР 0106U002146); № 114. «Особливості функціонування та відновлення прісноводних екосистем в умовах комплексного впливу атомних електростанцій» (№ ДР 0111U000076); госпдоговірні теми: № 11/2005 «Вивчення сучасного стану розвитку біологічних перешкод в роботі систем охолодження та водопостачання Хмельницької АЕС, виконання прогнозу їх розвитку на наступні роки і розробка практичних рекомендації по їх обмеженню» (№ реєстрації 0106U000761); № 3004/22-2007 «Вивчення гідробіологічних процесів в екосистемі водойми-охолоджувача ХАЕС, що впливають на формування біологічних перешкод в роботі теплообмінного та іншого обладнання, розробка заходів по їх обмеженню» (№ реєстрації 0107U009273); № 14/2008 «Дослідження гідробіологічних процесів в екосистемі водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС, що впливають на формування біологічних перешкод в роботі теплообмінного та іншого обладнання, розробка заходів по їх обмеженню» (№ реєстрації 0108U008360); № 20/2008 «Розробка матеріалів для оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) енергоблоків № 3, 4 Хмельницької АЕС» (№ реєстрації 0109U002883); № 7/2010 «Контроль розвитку гідробіологічних процесів в екосистемі водойми-охолоджувача ХАЕС та уточнення рекомендацій по зниженню дії біоперешкод» (№ реєстрації 0111U000079); № 12/2014/37-124-08-14-01058 «Проведення науково-дослідних робіт якості води водойми-охолоджувача і стічних вод та виконання гідробіологічних спостережень» (№ реєстрації 0114U006243); № 20/2014 «Дослідження зооперифітону на експериментальних субстратах (цинкнаповнених поліуретанових покриттів з антисептиками) з метою визначення необростаючих властивостей» (№ реєстрації 0113U007631); конкурсна тема ДФФД № Ф41.4/028 Українсько-Білоруського науково-технічного співробітництва «Розробка принципів і методів оцінки впливу експлуатації АЕС на гідроекосистеми» (№ реєстрації 0111U008308).

Мета дослідження: Встановити закономірності формування структури угруповань консортивного типу в бентосі та перифітоні в умовах водних об'єктів технічного призначення.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні **завдання**:

- Визначити консортивні угруповання в бентосі та перифітоні для подальшого їх дослідження;
- Дослідити склад та структурні показники (якісні та кількісні) угруповань з різними видами-едифікаторами, та в різних умовах існування;
- Визначити особливості формування консортивних угруповань у часі, а саме динаміку змін складу угруповань та період формування угруповань, що можуть викликати біоперешкоди;
- Дослідити популяційні характеристики одного з основних видів-едифікаторів (*Dreissena polymorpha*) в консортивних угрупованнях водойми-охолоджувача АЕС.

Об'єкт дослідження: угруповання перифітону та бентосу з вираженим видом-едифікатором (двостулкові молюски, губка, мохуватка).

Предмет дослідження: закономірності формування структури та ценотичних зв'язків різних консорцій та особливості формування консортивних угруповань.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених завдань в роботі використовувалися загальноприйняті методи якісного і кількісного відбору гідробіологічних проб, мікроскопічної обробки, аналізу та математичної обробки матеріалу, а також оригінальні методи відбору проб та експериментальних досліджень. В процесі роботи над дисертацією не були порушені біоетичні норми.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше досліджені угруповання консортивного типу у перифітоні в техногенних водоймах, а саме їхнє розповсюдження, структурні показники та системи їх біоценотичних зв'язків. Досліджено бентосні угруповання консортивного типу з рухомих видом-едифікатором у порівняльному аспекті у ВО ХАЕС та малій річці. Вперше встановлено існування консортивних угруповань більш ніж з двома видами-едифікаторами, що формують складне консортивне ядро. При дослідженні формування консортивних угруповань у часі вперше було встановлено поступову заміну одного центру консорції (мохуваток, губок) іншим – дрейсенід. Побудовано графічні ценотичні моделі біоценотичних зв'язків у консортивних угрупованнях у досліджених водоймах.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень є теоретичною основою для розробки рекомендацій щодо екологічного моніторингу систем водопостачання та систем охолодження АЕС і ТЕС. Матеріали роботи були використані в підготовці стандарту підприємства СТД 0.03.088-2010 НАЕК «Енергоатом» «Порядок розробки регламенту гідробіологічного моніторингу водойми-охолоджувача, систем охолодження і системи технічного водопостачання АЕС з реакторами типу ВВЕР. Методичні вказівки». Також результати досліджень були використані для підготовки практичних рекомендацій щодо обмеження біологічних перешкод в роботі гідротехнічних споруд, систем водопостачання та охолодження, які виникають внаслідок розвитку організмів перифітону та їх угруповань. Матеріали дисертаційної роботи можуть бути використані в учбовому процесі в таких курсах як «Загальна гідробіологія», «Технічна гідробіологія», «Гідроекологія».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням, виконаним автором. Здійснено збір польового матеріалу, його опрацювання та аналіз. Всього самостійно оброблено 300 кількісних та якісних гідробіологічних проб. Проведено аналіз морфологічних ознак 5700 особин дрейсенід та 1225 уніонід. Зібрано колекцію фенотипів черепашок дрейсенід з різних місць ареалу в кількості 4400 особин. Друковані праці за матеріалами дисертації підготовлено безпосередньо автором, а також у співавторстві з науковим керівником та колегами по роботі. Самостійно проаналізовано літературні джерела та зроблено узагальнення за темою роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи було представлено та обговорено на міжнародних та вітчизняних наукових і науково-практичних конференціях: IV Міжнародна наукова конференція «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпропетровськ, 2007),

V Міжнародна наукова конференція «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпропетровськ 2009), I та II Міжнародні школи-конференції «Дрейсеніди еволюція, систематика, екологія» (Борок, 2008, 2013), наукова конференція «Стан і біорізноманіття екосистем Шацького природного парку» (Львів, 2012), конференція молодих дослідників-зоологів (Київ, Інститут зоології, 2012), V наукова конференція «Фізичні методи в екології, біології та медицині» (Львів–Ворохта, 2014), III науково-практична конференція молодих вчених «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Київ, 2016).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи відображено в 23 публікаціях: 1 монографія (у співавторстві), 10 статей у фахових наукових виданнях, внесених до реєстру ДАК України, 4 статті у інших виданнях, 8 – матеріали та тези міжнародних та вітчизняних науково-практичних конференцій.

Об'єм і структура дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 194 сторінок машинопису, з яких основний текст викладено на 149 сторінках. Текст ілюстровано 79 рисунками, 5 фотографіями і 44 таблицями. Список використаних літературних джерел нараховує 175 найменувань, з яких 31 англійською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СТАН ВИВЧЕННЯ КОНСОРЦІЇ ТА КОНСОРТИВНИХ УГРУПОВАНЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Проаналізовано літературу щодо визначень поняття консорції, що були наведені такими дослідниками, як В.М. Беклемішев (1951), Л.Г. Раменський (1952), Є.М. Лавренко (1959), А.В. Мазинг (1966), Т.А. Работнов (1974), В.І. Мальцев (1987) та іншими. Розглянуто уявлення про центральний вид консорції, тобто вид (або види) з високим домінуванням за біомасою, та який змінює середовище для інших організмів, що входять до складу консорції. Розглянуті концепції консортивної структури, а також споріднені концепції – «ключових видів» та «екосистемних інженерів». Аналізуються консорції та консортивні угруповання у водоймах різного типу. Наведено обґрунтування понятійного апарату, який використовує автор роботи.

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження консортивних угруповань та індивідуальних консорцій виконано на матеріалі зооперифітону та зообентосу водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС (ВО ХАЕС), а також, в порівняльному аспекті, інших водойм різного типу: водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС, річки Гнилий Ріг (водне джерело водойми-охолоджувача ХАЕС) та Канівського водосховища. В дослідженні використано результати обробки близько 300 проб зообентосу та зооперифітону з 2005 по 2014 рр.

У водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС дослідження проводили у 2005–2010 рр. по всій акваторії водойми, в східному, південному, західному районах, у

підвідному каналі та на греблі, в районі дамби р. Гнилий Ріг. Проби бентосу (перлівниці та друзи дрейсени) відбирали за допомогою рамок (Методи., 2006). Для відбору проб використовували підводне спорядження. Відібрані молюски з друзами дрейсени під водою поміщали в пластикові пакети.

Проби зооперифітона відбирали на відкосах греблі і підвідного каналу, на кам'яній відсипці південного району ВО ХАЕС та направляючої дамби ВО ЧАЕС за стандартними методиками.

Дослідження зооперифітону на експериментальних субстратах (ЕС) у ВО ХАЕС проводили протягом 2007–2009 рр. Субстрати являли собою пластини розміром 7×2,5 см, виготовлені з нержавіючої сталі. Субстрати були закріплені на спеціальній установці. На Канівському водосховищі використовували субстрати, виготовлені з вініпласту. Експериментальні субстрати розміщували у підвідному каналі ВО ХАЕС в березні 2007–2009 рр., а на Канівському водосховищі – в червні 2014 р. Огляд стенду, відбір пластин в якості проб проводили при короткочасному піднятті стенда з води. Було досліджено чотири серії ЕС на ХАЕС та одна серія на Канівському водосховищі. Експозиція становила 35, 111, 179, 350 діб (2007 р.); 40, 61, 95, 131, 178 діб (в 2008 р.); 41, 75, 118, 176 діб (в 2009 р.); 57, 112, 156 діб (2014 р.).

Розмірний склад популяції дрейсени у бентосі та перифітоні ВО ХАЕС визначали протягом 2005–2009 рр. на 5 станціях (гребля, підвідний канал, західний район, південний та східний райони). Дослідження фенотипової мінливості в популяції *Dreissena polymorpha* Pallas проводили в 2006, 2007 і 2009 роках. Досліджували різні частини популяції в основних біотопах, де мешкає цей молюск: в перифітонній частині – на греблі і в підвідному каналі, в бентосній – у західному, південному та східному районах. На кожній станції було відібрано по 100 особин розміром від 6 мм в природному співвідношенні розмірних груп з кроком 5 мм. Всього опрацьовано 4400 черепашок молюсків. Ступінь меланізації (переважання більш світлих (С) або більш темних (D) ділянок в малюнку мушлі) визначали за 7 градаціями за допомогою коефіцієнта меланізації) (Км), опис фенотипів малюнка мушлі виконували за (Протасов та ін., 1996; Протасов, Горпинчук, 1997). Аналіз даних проводили за методиками фенотипового аналізу – розраховували показники внутріпопуляційного різноманіття, частку рідкісних ознак в популяції визначали за (Животовский, 1982).

Проби фіксували 4% розчином формальдегіду, надалі обробляли в лабораторії (Методи..., 2006). Частина проб оброблена в умовах польової лабораторії. Показники рясності зооперифітону та зообентосу перераховували на 1 м². Попередню ідентифікацію та підрахунок кількості організмів бентосу та перифітону проводили під біокуляром МБС-10. Остаточне визначення до виду здійснювали з використанням мікроскопа Микмед-1, Olympus CX21. Для опису таксономічного багатства безхребетних використовували термін НІТ – нижчий ідентифікований таксон (Баканов, 1997). Для опису безхребетних різних систематичних груп, що мешкають у багат шарових масових поселеннях дрейсени на черепашках молюсків Unionidae використовували термін «види-консорти» (Харченко та ін., 1981; Харченко, 2000).

Під консортивними угрупованнями в дослідженні бентоса та перифітона ми розуміли типологічні структурно-функціональні утворення, в яких наявний вид-едифікатор. Центром консорції вважали вид з високим домінуванням за біомасою та деструкцією, та який топічно, трофічно або форично модифікує середовище для організмів. Деструкція була обрана як один з основних показників, тому що він відображає функціональну роль та важливість ценопопуляції того чи іншого виду.

Виділення угруповань проводили за домінуючими по чисельності, біомасі та диханню видами з урахуванням подібності таксономічного складу за індексом Серенсена. Назву угрупованню давали згідно зі ступенем домінування по диханню. В назві угруповання на першому місці вид-едифікатор, на другому – субдомінант, або другий центр консортивного угруповання (за наявності), на третьому місці, в дужках, представлені консорти, які були домінуючими за диханням серед всіх консортів.

В якості видів-едифікаторів були відмічено наступні види, які приводяться в назвах в скороченій формі: *Dreissena polymorpha* Pallas, *Dreissena bugensis* Andr., *Unio tumidus* Phillipsson, *Unio pictorum* (L.), *Anodonta* sp., *Spongilla lacustris* L., *Eunapius carteri* (Bowerbank), *Plumatella fungosa* Pallas. Домінантами серед консортів були наступні види, які приводяться також в скороченій формі: *Limnochironomus nervosus* Staeg., *Polypedilum convictum* Walker, *Cricotopus silvestris* Fabr, *Gliptotendipes glaucus* (Mg.), *Endochironomus albipenis* Mg., *Hydra* sp., *Asellus aquaticus* L., *Tubificidae* sp. juv., *Nais barbata* O.F.M., *Nais bretscheri* Michaelsen, *Naididae* sp., *Ripistes parasita* (Schmidt), *Glossiphonia heteroclita* (L.), *Erpobdella* sp., *Ecnomus tenellus* (Rambur), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald), *Caenis macrura* Stephens, *Caenis robusta* Ealton, *Caenis* sp., *Viviparus viviparus* (L.), *Theodoxus fluviatilis* (L.), *Limnaea* sp., *Sisyrta fuscata* Fabricus.

КОНСОРТИВНІ УГРУПОВАННЯ У БЕНТОСІ ВО ХАЕС

У донних угрупованнях на м'яких ґрунтах великі за розміром двостулкові молюски являють собою специфічний субстрат для мешкання багатьох видів гідробіонтів, формується характерна консортивна система біоценотичних взаємовідносин.

У водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС досліджено угруповання, де видами-едифікаторами (центром консорції) виступали – *U. tumidus* та *U. pictorum* (в подальшому центром консорції вважали всіх молюсків цього роду не розділяючи їх до виду), а субедифікатором – *D. polymorpha*. Також консорції з одним видом-едифікатором – *D. polymorpha*, яка формувала друзи на черепашках відмерлих уніонід та у вигляді друз *D. polymorpha* на донному ґрунті.

Важливим питанням аналізу взаємовідносин видів-фільтраторів в одній консорції є оцінка впливу поселення дрейсени на молюска-носія. Якщо прийняти, що зниження розміру, порушення типових морфологічних ознак черепашки Unionidae є показниками негативного впливу поселень дрейсени, потрібно відзначити, що при поселенні дрейсенід не відмічалось зниження середньої маси базибіонтів-перлівниць (рис.1). Більшість особин перлівниць мали типові морфологічні параметри черепашок.

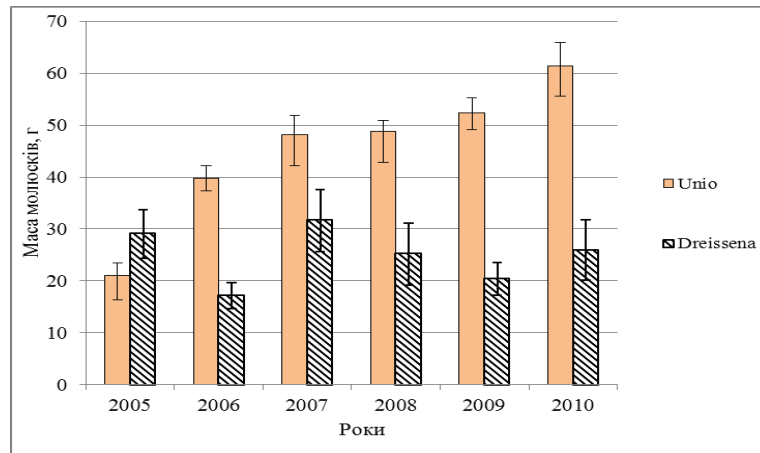
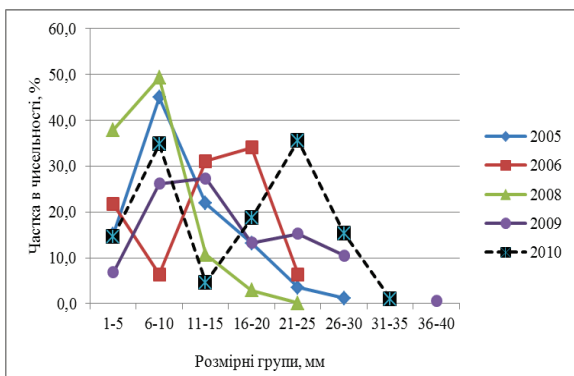
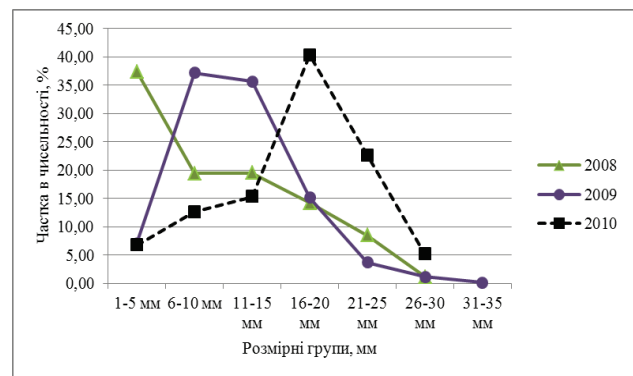


Рис.1. Середня маса дрейсени (г/особину *Unio*) і середня маса перлівниць по роках дослідження (2005–2010 рр)

Розмірна структура друз дрейсени на ґрунті у 2008 р. відрізнялася від розмірної структури дрейсени на живих перлівницях та на черепашках (рис.2 А, Б). В друзах дрейсени на ґрунті були відмічені розмірні групи від 1–5 мм до 26–30 мм, а в друзах на живих уніо та черепашках – від 1–5 мм до 16–20 мм або 21–25 мм. У 2009 р. відмічені молюски в розмірній групі 31–35 мм в друзах дрейсени на ґрунті, а в друзах дрейсени на живих перлівницях у 2010 р. Також у 2009 р. на живих перлівницях відмічена група 36–40 мм. Таким чином, можна сказати, що розмірний склад в окремих друзах та друзах на перлівницях мав свої особливості.



А



Б

Рис. 2. Розмірний склад дрейсени в бентосі: А – друзи дрейсени на живих перлівницях; Б – в друзах дрейсени на ґрунті, ВО ХАЕС

У бентосі за показниками характеру домінування і складу домінантів, з урахуванням подібності, було виділено три угруповання консортивного типу: на живих перлівницях, на черепашках відмерлих перлівниць, в друзах дрейсени на ґрунті (табл. 1).

Таблиця 1.

Кількісні характеристики угруповань консортивного типу

Угруповання	<i>Unio</i> + <i>D. polymorpha</i> + (<i>E. carteri</i> + <i>L. nervosus</i>) на живих перлівницях	<i>D.</i> <i>polymorpha</i> + (<i>Tubificidae sp. juv.</i> + <i>L. nervosus</i> + <i>E.</i> <i>tenellus</i>) на черепашках відмерлих перлівниць	<i>D. polymorpha</i> + (<i>S.</i> <i>lacustris</i> + <i>C.</i> <i>macrura</i>) в друзах дрейсени на ґрунті
Локалізація	західний, східний, південний райони	західний, східний райони	західний, східний райони
Таксономічних груп	15	10	14
Кількість НІТ	27	22	33
H _N	1,489	1,143	2,276
H _B	1,436	0,008	0,092
B <i>Dreissena</i>	385,27±356,71	536,44±377,93	1008,71±586,22
B консортів	1,43±1,40	0,26±0,10	11,27±11,11
R <i>Dreissena</i>	226,05±204,67	362,97±243,84	431,48±246,56
R консортів	7,23±6,86	3,16±1,12	41,48±39,62
B Unionidae	492,42±339,92	–	–
R Unionidae	158,96±114,40	–	–

Примітка. Біомаса приведена на площу (м²) дна. В – біомаса, г/м²; R – деструкція, Дж/м²·год; H_N – різноманіття за чисельністю, біт/екз; H_B – різноманіття за біомасою, біт/г; «–» – дані відсутні.

В усіх трьох консортивних угрупованнях за чисельністю домінував вид-едифікатор *D. polymorpha*. В угрупованні на живих перлівницях *Unio* + *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *L. nervosus*) максимальна частка деструкції належала видам-едифікаторам: *D. polymorpha* – 58%, *Unio* – 40%, тобто 98% від загальної кількості для всього угруповання. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів складав 60,3% для губки *E. carteri* та 19,2% для хірономід *L. nervosus*. У консортивному угрупованні *D. polymorpha* + (*Tubificidae sp. juv.* + *L. nervosus* + *E. tenellus*) на черепашках відмерлих перлівниць частка в деструкції вида-едифікатора (*D. polymorpha*) складала 99% за диханням, консорти – лише 1%. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів складав для *Tubificidae sp. juv.* 24,6%, для хірономід *L. nervosus* (24,4%), личинок волохокрильців *E. tenellus* (19,3%). У консортивному угрупованні *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *C. macrura*) дрейсени в друзах на ґрунті 92% належало виду-едифікатору (*D. polymorpha*), 7% – губці, яка тут може виступати як субедифікатор, та 1% – консортам. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів складав 84,7% для губки *S. lacustris* та 4,3% для однокореня *C. macrura*.

Структура ценотичних зв'язків в цих угрупованнях була представлена 7–9 елементами консортивної системи та 16–21 біоценотичними зв'язками. На живих перлівницях угруповання містило два центра консорції (формуючи ядро консорції), на відміну від інших угруповань, в яких був один центр. В угрупованні з ядром консорції *Unio* + *D. polymorpha* були відмічені три типи зв'язків: топічні, трофічні та форичні, на відміну від інших угруповань в бентосі, де форичні зв'язки були відсутні.

КОНСОРТИВНЕ УГРУПОВАННЯ НА ДВОСТУЛКОВИХ МОЛЮСКАХ р. ГНИЛИЙ РІГ (ВОДОДЖЕРЕЛО ВО ХАЕС)

У річці Гнилий Ріг, що є джерелом водопостачання для водойми-охолоджувача ХАЕС, було проведено дослідження консортивних угруповань, що склалися з центрального виду молюсків та епізоона на них. Дрейсена, на відміну від угруповань у ВО, була відсутня. Останнє дало можливість вивчати консортивні угруповання іншої структури.

Популяції двостулкових молюсків за період дослідження (2008–2010, 2012 та 2014 рр.) були представлені молюсками трьох видів *U. tumidus*, *U. pictorum* та *Anodonta sp.* Максимальні довжини *Anodonta sp.* були в межах 76,2 – 101,2 мм, для *U. tumidus* коливалася в межах 71,4–102,3 мм, *U. pictorum* – 93,1 мм. Максимальний розмір *U. tumidus* дещо зростає з роками, в той час як для *U. pictorum* та *Anodonta sp.* спостерігалось зниження максимальних розмірів.

За подібністю домінантів та подібністю складу консортів було виділено консортивне угруповання *Anodonta sp.* + (*V. viviparus* + *G. heteroclita*). Воно включало 27 НІТ з 10 таксономічних груп. Найбільшим багатством виділялися личинки хірономід – 9 НІТ, малощетинкові черви – 6 НІТ, п'явки – 4 НІТ. Угруповання характеризувалось великим різноманіттям за чисельністю – 3,435 біт/екз, на відміну від біомаси, яка була 0,053 біт/г. За показниками деструкції *Anodonta sp.* складала 81,9%, *V. viviparus* – 17,8%, тобто 99,7% дихання формували молюски, а консорти – 0,3%. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів (без *V. viviparus*) складав 18,8% для п'явки *G. heteroclita*, 12,3% для *Erpobdella sp.*, 9,9% для *N. barbata*. У р. Гнилий Ріг особливістю було те, що серед консортів зустрічалися досить великі черевоногі молюски *V. viviparus*, але вони виявлені не на всіх молюсках в якості консортів, тому їх домінування слід вважати не постійним. Вони можуть бути віднесені до відвідувачів (Мальцем, 1987).

Ценотична структура угруповання була представлена 8 елементами консортивної системи і 15 зв'язками між ними. Угруповання в р. Гнилий Ріг було подібним до угруповання дрейсени на живих перлівницях з двома центрами консорції у ВО ХАЕС, тим що мали форичні зв'язки (рис. 3).

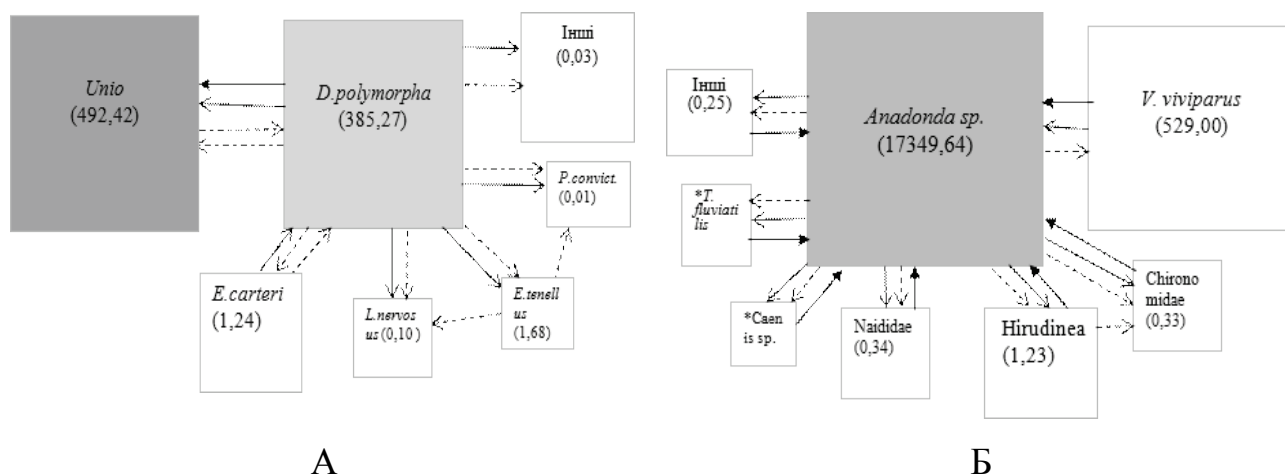


Рис.3. Блок-схема консортивних угруповань з системою біоценотичних зв'язків: А – угруповання *Unio* + *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *L. nervosus*) дрейсени на живих перлівницях у ВО ХАЕС; Б – угруповання *Anodonta sp.* + (*V. viviparus* + *G. heteroclita*) у р. Гнилий Ріг. Примітка. Тут і на рис.6, рис.8: пунктиром відмічені трофічні зв'язки, суцільною лінією – топічні, жирними лініями – форичні зв'язки. Сторона квадрата пропорційна логарифму біомаси. Біомаса, г/м² надана в дужках.

КОНСОРТИВНІ УГРУПОВАННЯ У ПЕРИФІТОНІ

У водоймі-охолоджувачі ХАЕС для дослідження перифітону були виділені наступні біотопи: відкоси греблі, відкоси підвідного каналу, дамба в районі впадіння р. Гнилий Ріг. Ці біотопи досить сильно відрізнялися між собою. Район греблі характеризується лентичними умовами, дія гідродинамічного фактору і хвильовий вплив на глибині більш 3–4 м мало позначився на умовах існування тут перифітону. В літній період часто спостерігається певна термічна стратифікація. На відміну від греблі, в підвідному каналі, умови лотичні. Тут спостерігаються не тільки течії, спрямовані вздовж каналу, але існують і турбулентні перемішування по перетину каналу. В південному районі, поблизу р. Гнилий Ріг глибини, на котрих знаходяться тверді субстрати (камінь), не перевищують 1,5–2,0 м.

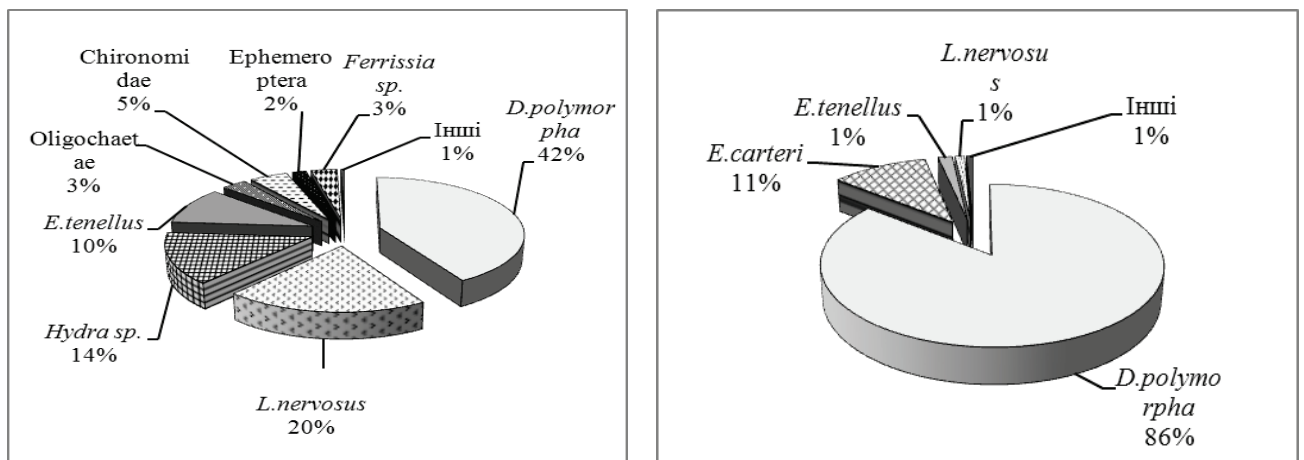
Усього в перифітоні було зареєстровано 63 таксони, що належать до 13 груп. До видового рівня було визначено 44 НІТ. Найбільшою кількістю таксонів характеризувалися олігохети (23 НІТ, з них 12 видів) та личинки хірономід (22 НІТ, з них 17 видів).

Глибина в цілому істотно не впливала на видове багатство, проте найбільшу кількість видів було відмічено в приурізній зоні, що було пов'язано, очевидно, з особливостями умов біотопів та з складною просторовою структурою, що утворювали нитчасті водорості. На більших глибинах дрейсена істотно модифікувала середовище для інших організмів. Найбільша чисельність консортів спостерігалася при біомасі дрейсени близько 10000 г/м².

Було виділено три топічні модифікації консортивних угруповань, в яких домінантом була дрейсена: у підвідному каналі *D. polymorpha* + (*S. lacustris* +

Tubificidae sp. juv.+*L. nervosus*), на греблі *D. polymorpha* + (*P. convictum* + *E. tenellus* + *Tubificidae sp. juv.*), у південному районі *D. polymorpha* + (*E. carteri*+*E. tenellus*). Кількісні характеристики (чисельність, біомаса) в цих угрупованнях відрізнялися дуже в незначній мірі, але якісні характеристики, такі, як просторова структура, відрізнялися. Поселення дрейсени у підвідному каналі та на греблі були представлені у вигляді друз та їх агрегатів, в той час як у південному районі – у вигляді щіток на каменях. Крім того, склад консортів у південному районі був доповнений губкою *E. carteri*.

В усіх трьох консортивних угрупованнях за кількісними показниками значно домінувала *D. polymorpha*. Показники деструкції *D. polymorpha* у консортивних угрупованнях склали 98,8% (підвідний канал), 96,6% (гребля) та 85,8% (південний район). Значне домінування та створення дрейсною просторово складних біогенних біотопів вказує на її роль домінанта та едифікатора в угрупованнях. Особливістю угруповання у південному районі було те, що серед консортів за чисельністю домінували личинки хірономід *L. nervosus* (20%), в той час, як в інших угрупованнях такого не відмічено. Чисельність всіх інших консортів була меншою (рис.4). За показниками дихання 11% від дихання едифікатора належало губці *E. carteri*, яка входила до складу консортів, іншим консортам – 3%. В інших угрупованнях такого виявлено не було.



А

Б

Рис.4. Розподіл видів-консортів (%) у консортивному угрупованні *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *E. tenellus*) у Південному районі, р. Гнилий Ріг: А – від сумарної чисельності, Б – від сумарного дихання

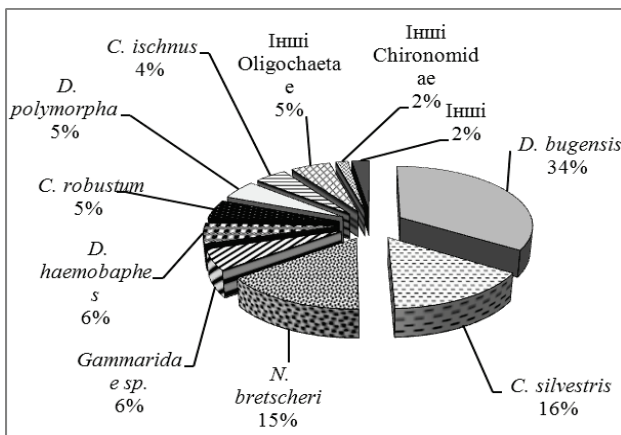
Структура ценотичних зв'язків угруповань у перифітоні ВО ХАЕС була представлена 7–10 елементами консортивної системи та 16–27 біоценотичними зв'язками. В усіх трьох угрупованнях були відмічені топічні та трофічні зв'язки.

Для порівняння було досліджено перифітон у водоймі-охолоджувачі Чорнобильської АЕС, який характеризувався тим, що тут в якості центральних видів були представлені два види дрейсени. Всього в перифітоні Чорнобильської АЕС у 2013 р. було зареєстровано 35 НІТ, з 12 груп. До видового рівня було

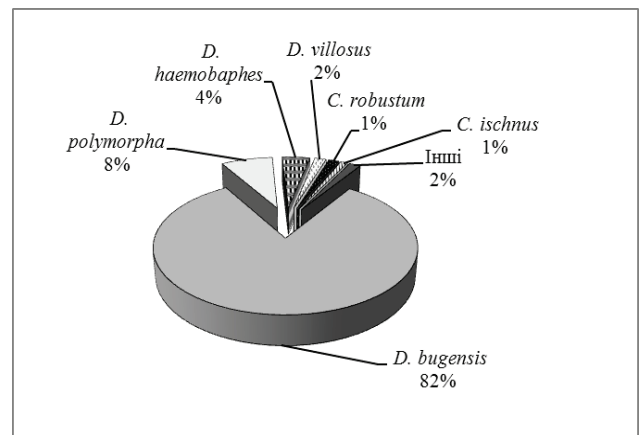
визначено 28 НІТ. Найбільшою кількістю таксонів характеризувалися олігохети (11 НІТ, з них 8 видів) та личинки хірономід (10 НІТ, з них 10 видів). На відміну від водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС, тут були зареєстровані такі таксономічні групи ракоподібних, як Gammaridae та Corophiidae, які були відмічені в усіх частинах водойми і завдяки яким угруповання консортивного типу були більш таксономічно багатими, ніж у ВО ХАЕС. Дрейсена була представлена двома видами – *D. polymorpha* та *D. bugensis*, за біомасою переважала *D. bugensis*.

При порівнянні подібності складу між угрупованнями перифітону за індексом Серенсена було відмічено достатньо велику подібність між угрупованнями у старій теплій (СТ) та старій холодній (СХ) частинах водойми, тут зв'язки досягали 81%. Між угрупованнями у новій теплій (НТ) та новій холодній (НХ) частинах водойми зв'язки сягали 66%. Між собою угруповання у теплій та холодній частинах водойми були подібні на 73–75%.

На основі подібності складу домінантів було виділено консортивне угруповання *D. bugensis* + *D. polymorpha* + (*D. haetobaphes* + *C. robustum*), в якому було 28 НІТ, з 10 таксономічних груп. Різноманіття за чисельністю складало 3,131 біт/екз, за біомасою – 0,435 біт/г, тобто більше, ніж у консортивних угрупованнях у перифітоні ВО ХАЕС. Показники деструкції *D. bugensis* складала 82,3%, а *D. polymorpha* – 7,6% (рис. 5). Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів складав 40,8% для гаммарид *D. haetobaphes* та 15,2% для корофіїд *C. robustum*. За чисельністю домінували *D. bugensis* (33,8%), *N. bretscheri* (15,1%) та *C. silvestris* (15,4%).



А



Б

Рис. 5. Розподіл видів-консортів (%) у консортивному угрупованні *D. bugensis* + *D. polymorpha* + (*D. haetobaphes* + *C. robustum*), у перифітоні ВО ЧАЕС: А – від сумарної чисельності; Б – від сумарного дихання

Структура ценотичних зв'язків угруповання *D. bugensis* + *D. polymorpha* + (*D. haetobaphes* + *C. robustum*) була представлена 10 елементами консортивної системи і 39 зв'язками. Угруповання у ВО ЧАЕС було подібне до угруповань з домінуванням дрейсени у перифітоні ВО ХАЕС (рис. 6). Але на відміну від

Хмельницької АЕС, тут була відмічена дрейсена двох видів, тобто формально існує два центра консорції (ядро консорції). В цьому угрупованні, так, як і в угрупованнях перифітону на ВО ХАЕС, були відмічені топічні та трофічні біоценотичні зв'язки.

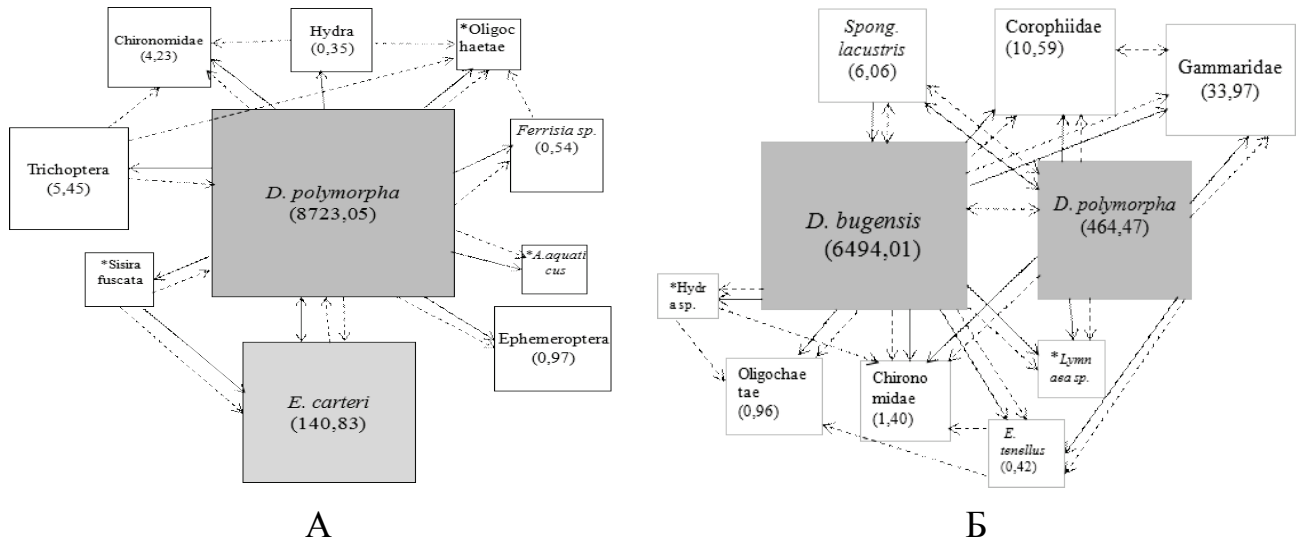


Рис.6. Блок-схеми консортивних угруповань з системою біоценотичних зв'язків: А – *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *E. tenellus*) у південному районі, на р. Гнилий Ріг водойми-охолоджувача ХАЕС; Б – *D. bugensis* + *D. polymorpha* + (*D. haemobaphes* + *C. robustum*) у водоймі-охолоджувачі ЧАЕС

ФОРМУВАННЯ КОНСОРТИВНИХ УГРУПОВАНЬ ПЕРИФІТОНУ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ СУБСТРАТАХ

З метою дослідити, як формуються консортивні угруповання у часі, було проведено вивчення перифітону на експериментальних субстратах.

Дослідження у водоймі-охолоджувачі ХАЕС протягом 2007–2009 рр. та у Канівському водосховищі у 2014 р. показали, що таксономічний склад в обох водоймах мав свої особливості. Так, на ВО ХАЕС кількість НІТ була значно більшою, ніж на Канівському водосховищі, – 45 НІТ проти 21 НІТ. За таксономічними групами також були відмінності: у Канівському водосховищі зустрічалися Gammaridae та Corophiidae, на відміну від ВО ХАЕС, де цих груп не було. Також важливо відмітити, що в період дослідження в Канівському водосховищі була відмічена дрейсена двох видів (*D. polymorpha* та *D. bugensis*), а на ХАЕС – лише одного виду (*D. polymorpha*). Деякі види (олігохети *R. parasita*, хірономіди *G. glaucus*, *E. albipenis*) були відсутні у перифітоні ВО ХАЕС, але вони є поширеними у Канівському водосховищі.

У ВО ХАЕС у весняний період обростання формувались в основному за рахунок гідр, які в літній період змінювались на дрейсену, яка і формувала дане угруповання. Або у весняний період на субстратах з'являється гідра, а в літній період розвивається губка. Остання щільним килимом покриває субстрати, не даючи осісти та розвиватися дрейсені. Лише в осінній період, після відмирання колоній губки, на субстратах з'являється дрейсена.

Для всіх серій експозиції експериментальних субстратів було характерне, по-перше, збільшення таксономічного багатства (збільшення кількості рангів) (рис. 7), по-друге, збільшувався ступінь домінування одного таксону, тобто більш явними становилися риси, притаманні консортивним угрупованням. На Канівському водосховищі обростання відбувалось подібно, лише замість губки на субстратах були відмічені колонії мохуватки.

На експериментальних субстратах у ВО ХАЕС було виділено формування консортивних угруповань з наступними видами-едифікаторами: дрейсною *D. polymorpha* та губкою *S. lacustris*.

Консортивне угруповання *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *E. tenellus*) нараховувало 18 НІТ, з 9 таксономічних груп. Різноманіття за чисельністю було 1,521 біт/екз, за біомасою – 0,077 біт/г. Показники деструкції *D. polymorpha* склали 93,2%, губки *S. lacustris* – 3,8%, *E. tenellus* – 1,9%, консортів – 1,0%. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів склав 56,6% для губки *S. lacustris* та 28,4% для *E. tenellus*. За чисельністю домінували *Hydra sp.* – 64,9%, *D. polymorpha* – 23,0%.

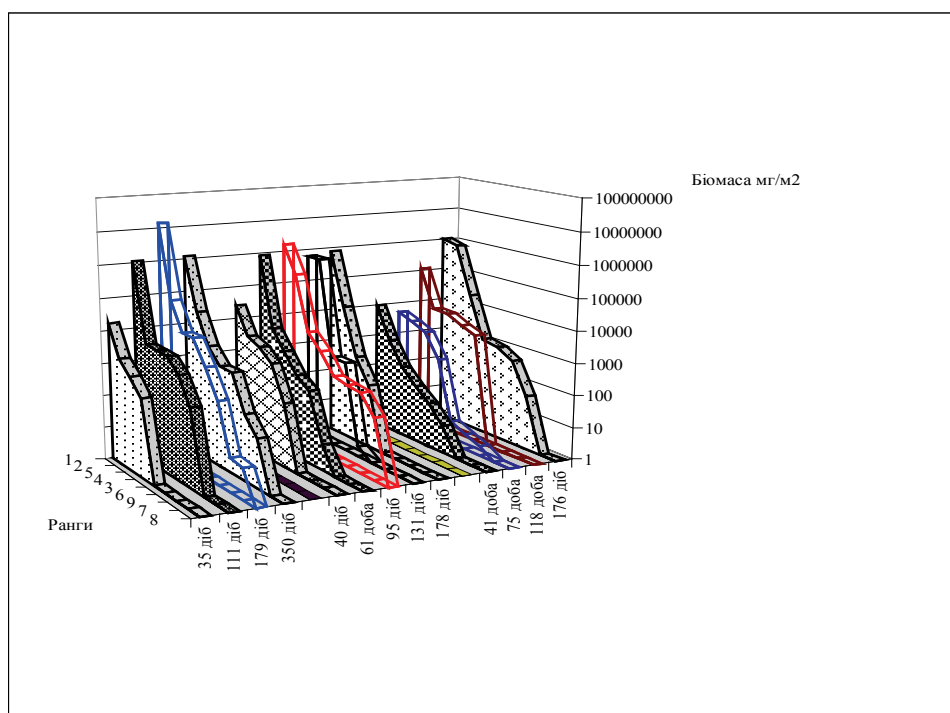


Рис.7. Структура домінування угруповань за біомасою (мг/м²) в 1, 3 та 4 серіях експериментальних субстратів

Консортивне угруповання *S. lacustris* + (*D. polymorpha* + *E. carteri*) нараховувало 17 НІТ, з 8 таксономічних груп. Різноманіття за чисельністю було 2,421 біт/екз, за біомасою – 0,707 біт/г. За показниками деструкції губка *S. lacustris* складала 93,8%, *D. polymorpha* – 3,4%, *E. carteri* – 1,8%, консорти – 1%. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів склав 28,9% для губки *E. carteri* та 55,3% для *D. polymorpha*. За чисельністю домінували *D. polymorpha* – 46,3% та *Hydra sp.* – 21,6%.

Структура угруповання *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *E. tenellus*) була представлена 8 елементами консортивної системи та 20 зв'язками. В цьому угрупованні був чітко виражений вид домінант-едифікатор *D. polymorpha*. Субдомінантом була губка *S. lacustris*. Угруповання *S. lacustris* + (*D. polymorpha* + *E. carteri*) було представлено 10 елементами консортивної системи та 37 зв'язками. В цих угрупованнях були відмічені топічні та трофічні зв'язки.

На Канівському водосховищі було виділено угруповання консортивного типу *P. fungosa* + (*D. polymorpha* + *S. lacustris*), яке нараховувало 11 НІТ, з 7 таксономічних груп. Різноманіття за чисельністю було 2,783 біт/екз, за біомасою – 0,529 біт/г. За показниками деструкції *P. fungosa* складала 96,7%, а *D. polymorpha* – 1%. Відсоток дихання консортів від загального показника деструкції консортів складав 22,0% для губки *S. lacustris* та 33,9% для дрейсени *D. polymorpha*. За чисельністю домінували Oligochaetae (*Naididae* sp., *S. lacustris*) – 46,3%, *D. polymorpha* (21,7%).

Структура угруповання *P. fungosa* + (*D. polymorpha* + *S. lacustris*) характеризувалась наявністю 8 елементів консортивної системи та 34 зв'язками. В цьому угрупованні був чітко виражений вид домінант-едифікатор *P. fungosa*. Крім головного вида-едифікатора, що був представлений великою біомасою, в угрупованні відмічено два види дрейсени та губка, які разом з видом-едифікатором (мохуваткою) формували ядро консорції (рис. 8). В угрупованні, як і на ВО ХАЕС, відмічені топічні та трофічні зв'язки.

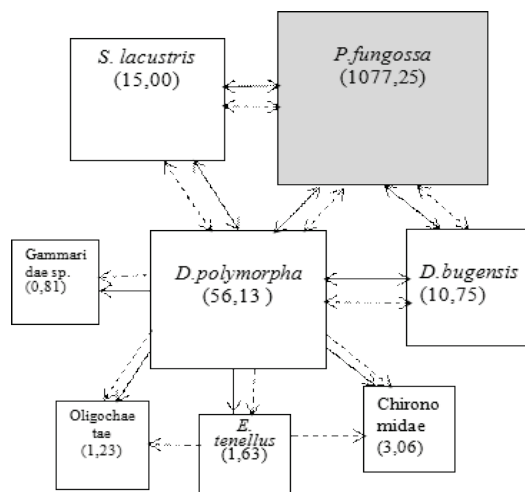


Рис.8. Блок-схема біоценотичних зв'язків угруповання *P. fungosa* + (*D. polymorpha* + *S. lacustris*) на експериментальних субстратах у Канівському водосховищі

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦІЙ ВИДІВ-ЕДИФІКАТОРІВ КОНСОРИВНИХ УГРУПОВАНЬ

За період досліджень у ВО ХАЕС, ВО ЧАЕС, р. Гнилий Ріг, Канівському водосховищі в якості центра консорції було виявлено наступні види-едифікатори: *D. polymorpha*, *D. bugensis*, *S. lacustris*, *P. fungosa*, *Anodonta* sp., *Unio tumidus*, *Unio pictorum*.

Найбільш поширеними центрами консорцій були перлівниці та дрейсени, тому в розділі наведено деякі їх популяційні характеристики. В період досліджень з 2005 по 2010 рр. у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС були відмічені два види перлівниць – *U. tumidus*, *U. pictorum*, а у р. Гнилий Ріг – ще і беззубка (*Anodonta sp.*).

У водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС довжина перлівниць коливалась від 23,5 до 101,1 мм (*U. tumidus*) та від 26,5 до 120,5 мм (*U. pictorum*). Маса перлівниць коливалась в межах 22,18–114,29 г (*U. tumidus*) та 17,04–91,12 г (*U. pictorum*). У р. Гнилий Ріг довжина перлівниць коливалася в межах 30,3–102,3 мм (*U. tumidus*), 71,1–93,1 мм (*U. pictorum*) та 21,3–101,2 мм (*Anodonta sp.*). Маса особини коливалася від 11,16 до 126,23 г (*U. tumidus*), від 29,4 до 68,15 г (*U. pictorum*) та від 10,35 до 100,4 г (*Anodonta sp.*). Отже розміри довжини та маси двостулкових молюсків у ВО ХАЕС та р. Гнилий Ріг істотно не відрізнялись.

За період дослідження популяції дрейсени, молюски були представлені 7 типами розмірної структури – від типу з домінуванням молодих особин 1–5 мм до найбільш великих 16–20 мм. Встановлено, що переважали типи розмірної структури 6–10 мм та 11–15 мм, що свідчило про сталий розвиток популяції. Це є передумовою розвитку сталих угруповань консортивного типу.

За весь період дослідження не було виявлено типів з різким домінуванням великих (21 і більше мм) молюсків. Тобто був відсутній тип, характерний для «старіючих» популяцій. У водоймі спостерігалась мозаїчна структура поселень дрейсени з переважанням того чи іншого типу поселень, з явним переважанням типів, характерних для стійкого стану популяції.

При аналізі показника максимальної довжини черепашки молюсків було встановлено, що в перифітоні поступово зменшувалась максимальна довжина молюска, але в бентосі було відмічено і зростання.

Вивчення фенотипової структури популяції дрейсени показало, що немає жодних тенденцій формування субпопуляційних груп, тобто за фенотиповими характеристиками популяція у ВО ХАЕС є єдиною.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

В результаті дослідження угруповань безхребетних у бентосі та перифітоні в чотирьох водних об'єктах було виділено 11 консортивних угруповань. Ці угруповання мають між собою певну подібність, тому їх було об'єднано в декілька типів.

Перший тип – угруповання з одним або двома видами-едифікаторами (один з яких є рухливим). До цього типу увійшли угруповання, що були у бенталі ВО ХАЕС та р. Гнилий Ріг: *Unio* + *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *L. nervosus*); *Anodonta sp.* + (*V. viviparus* + *G. heteroclitia*). Другий тип – угруповання з одним видом-едифікатором, що створює конгрегації (друзи) в біотопі, що пов'язаний з донними ґрунтами (бенталь ВО ХАЕС). До нього увійшли угруповання *D. polymorpha* + (*Tubificidae sp. juv.* + *L. nervosus* + *E. tenellus*); *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *C. macrura*). Третій тип – угруповання з одним видом-едифікатором, що створює

конгрегації в біотопах, які пов'язані з техногенними субстратами. До нього увійшли угруповання, що були локалізовані у перифіталі ВО ХАЕС та ВО ЧАЕС: *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *Tubificidae sp. juv.* + *L. nervosus*); *D. polymorpha* + (*P. convictum* + *E. tenellus* + *Tubificidae sp. juv.*); *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *E. tenellus*); *D. bugensis* + *D. polymorpha* + (*D. haemobaphes* + *C. robustum*).

На експериментальних субстратах було виділено три типи угруповань. Перший – угруповання *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *E. tenellus*), з одним видом-едифікатором, що створює конгрегації (друзи дрейсени) було локалізоване в перифіталі ВО ХАЕС. Другий тип: угруповання *S. lacustris* + (*D. polymorpha* + *E. carteri*) з колоніями губки, що є едифікуючою формою в угрупованні. Було локалізовано у перифіталі ВО ХАЕС. Третій тип – угруповання *P. fungosa* + (*D. polymorpha* + *S. lacustris*) з видом-едифікатором – губчастою колонією мохуватки. Угруповання було локалізовано у перифіталі Канівського водосховища. Це угруповання було цікаве тим, що формувало консортивне ядро.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі результатів дослідження було підготовлено рекомендації для Хмельницької АЕС щодо періоду формування біологічних перешкод та заходів для їх усунення. А також рекомендації щодо організації гідробіологічного моніторингу. А саме, було рекомендовано відслідковувати процеси осідання личинок дрейсени та формування угруповань на ЕС в підвідному каналі та системах водопостачання. На основі виявлення динаміки розвитку угруповань було рекомендовано проводити заходи, щодо усунення біол. перешкод, що викликають дрейсеніди наприкінці осіннього періоду. Також рекомендовано проводити гідробіологічний моніторинг для виявлення небезпечних видів-вселенців як на акваторії ВО так і на фонових водоймах.

ВИСНОВКИ

В результаті дослідження структурних показників, системи біоценотичних зв'язків та динаміки у часі у природних та модельних умовах з'ясовано закономірності формування структури угруповань консортивного типу, а також їх поширення в бентосі та перифітоні у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС.

1. При дослідженні техногенних водойм (водойми-охолоджувачі АЕС, водосховища) та водотоку, що є вододжерелом водойми-охолоджувача, виявлено 11 угруповань, в яких едифікаторами були такі види безхребетних: *Dreissena polymorpha*, *Dreissena bugensis*, *Spongilla lacustris*, *Plumatella fungosa*, *Unio tumidus*, *Unio pictorum*, а також *Anodonta sp.*
2. В консортивних угрупованнях всього зареєстровано 102 види та надвидові таксони гідробіонтів.
3. Центральними видами-едифікаторами, які створюють ядро консорції, можуть бути від одного до трьох видів, едифікуюча роль яких різна.
4. У водоймі-охолоджувачі ХАЕС найбільш поширені угруповання консортивного типу, локалізовані на гідроспорудах: *D. polymorpha* + (*S. lacustris* +

Tubificidae sp. juv. + *L. nervosus*) у підвідному каналі, *D. polymorpha* + (*P. convictum* + *E. tenellus* + *Tubificidae sp. juv.*) на греблі та *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *E. tenellus*) у південному районі.

5. В результаті типізації угруповань виділено 6 типів, що відрізнялися за складом та кількістю видів-еdifікаторів, а також складністю ценотичних зв'язків.

6. Основні характеристики виявлених у досліджених водоймах угруповань були наступними. Перший тип – з одним або двома видами-еdifікаторами, один з яких є рухливим базибіонтом (*Unionidae*), що визначає форичні та топичні зв'язки в угрупованнях. Другий тип – угруповання з одним видом-еdifікатором (*Dreissena*), що створює конгрегації (друзи) в біотопі, пов'язаному з донними ґрунтами. Третій тип – угруповання з одним еdifікатором (*Dreissenidae*), що створює конгрегації в біотопах, які пов'язані з техногенними субстратами.

7. На експериментальних субстратах виділено три типи угруповань: з одним видом-еdifікатором, що створює конгрегації (друзи дрейсени); з еdifікатором – масивною колонією губки *S. lacustris* та з еdifікатором – губчастою колонією мохуватки (*P. fungosa*).

8. Формування консортивних угруповань відбувається досить швидко: угруповання з домінуванням мохуваток досягали максимуму розвитку за 2–3 місяці, угруповання з домінуванням дрейсенід – за півроку, тобто за один вегетаційний сезон. При дослідженні формування угруповань було встановлено явище поступової заміни одного консортивного угруповання (з домінуванням мохуваток, губок) іншим – з домінуванням дрейсенід.

9. Аналіз графічних моделей ценотичних зв'язків показав, що найбільш важливими і поширеними з них є топичні та трофічні зв'язки. Всього в угрупованнях виділено від 15 до 39 біоценотичних зв'язків.

10. Багаторічні дослідження популяцій одного з основних консорціоутворюючих видів – *D. polymorpha* дозволили виявити 7 типів розмірної структури, які можуть відігравати роль індикаторів стану популяцій.

11. На основі досліджень фенотипової структури дрейсени встановлено, що у дослідженій водоймі-охолоджувачі популяція однорідна і не має чітких субпопуляційних груп.

12. Встановлено, що у водоймі-охолоджувачі саме консортивні угруповання перифітону досягають найбільшого розвитку, що може бути передумовою виникнення біологічних перешкод, обмеження яких необхідно спрямовувати на вид- чи види-еdifікатори.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Техно-екосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки // Протасов А.А., Семенченко В.П., Тимченко В.М., Бузевич И.Ю., Гулейкова Л.В., Дьяченко Т.Н., Морозова А.А., Юришинец В.И., Ярмошенко Л.П., Примак А.Б., **Морозовская И.А.**, Масько А.Н., Голод А.В. – Киев: Ин-т

гидробиологии НАН Украины, 2011. – 234 с. (збір, обробка та аналіз матеріалу, участь у написанні роботи, розділи 4.4.2., 4.5.2., 4.6.)

Статті у фахових наукових виданнях

2. **Морозовская И.А.**, Бабарига С.П. Динамика размерного состава *Dreissena polymorpha* Pall. на экспериментальных субстратах в водоеме-охладителе ХАЭС. // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2008. № 3 (37). С.117–120. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
3. Протасов А.А., Юришинец В.И., **Морозовская И.А.** Консорция и консортивные отношения в гидробиоценозах // Гидробиол. журн. 2010. Т. 46, №3. С. 3–18. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
4. **Морозовская И.А.**, Протасов А.А. Динамика изменения размерного состава дрейссены (*Dreissena polymorpha* Pallas) и фенотипической изменчивости в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2010. № 2 (43). С. 364–366. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання статті).
5. **Морозовская И.А.**, Протасов А.А., Силаева А.А. О структуре консорции донных двустворчатых моллюсков // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2012. № 2 (51). С. 193–197. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання статті).
6. Силаева А.А., Протасов А.А., **Морозовская И.А.** Особенности поселений двустворчатых моллюсков в реке-водоисточнике водоема-охладителя // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2012. № 2 (51). С. 236–240. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
7. Silayeva A.A., Protasov A.A., **Morozovskaya I.A.** Epibiotic Communities of *Dreissena polymorpha* Pall. on the Shells of Unionidae. – Hydrobiol. J. – 2011. – Vol. 47, N 1. – P. 15–28. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
8. Sylayeva A.A., Protasov A.A., **Morozovskaya I.A.** Interrelation between Unionids and its epibionts in cooling pond of nuclear power plant. // Vestn. Zool. 2012. Т. 46, № 6. С. 533–538. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
9. Sylaiyeva A.A., Protasov A.A., **Morozovskaya I.A.** The dynamic of congregation of bivalves in the small river // Vestn. Zool. 2014. Vol. 48, Iss. 5. P. 476. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
10. Протасов А.А., **Морозовская И.А.**, Гурьянова Г.А., Ласковенко Н.Н. Исследования полимерных необрастающих покрытий в условиях Каневского водохранилища. // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2015. № 3–4 (64). С. 561–564. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).

Статті у інших наукових виданнях

11. Makhutova O.N., Protasov A.A., Gladyshev M.I., Sylaiyeva A.A., Sushchik N.N., **Morozovskaya I.A.**, Kalachova G.S. Feeding spectra of bivalve mollusks *Unio* and *Dreissena* from Kanevskoe Reservoir, Ukraine: are they food competitors or not? // Zoolol. studies. 2013. Vol. 52, N 56. P. 1–10. (Збір, обробка, аналіз матеріалу).
12. Силаева А.А., Протасов А.А., **Морозовская И.А.** Многолетняя динамика популяций и сообществ дрейссенид (*Dreissenidae*, *Bivalvia*) в бентосе и перифитоне

- водоёма-охладителя Чернобыльской АЭС // Поволжский экол. журн. 2015. № 1. С. 80–90. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
13. Protasov A., Sylvaeva A., **Morozovska I.**, Lopes-Lima M., Sousa R. A massive freshwater mussel bed (Bivalvia: Unionidae) in a small river in Ukraine // *Folia malacologica*. 2015. Vol.23. P. 273–277. (Збір, обробка, аналіз матеріалу).
14. Протасов А.А., Морозовская И.А., Ласковенко Н.Н. Использование метода экспериментальных субстратов в мониторинге биологических помех в работе систем водоснабжения и тестировании необрастающих покрытий // *Ядерная энергетика та доквілля*. №1 (11). 2018. С. 54–58. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).
15. Силаева А.А., Протасов А.А., **Морозовская И.А.** Обнаружение массовых поселений двустворчатых моллюсков // *Вестн. зоологии*. 2009. Т. 43, № 5. С. 448. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні статті).

Матеріали та тези доповідей конференцій

16. Силаева А.А., Протасов, А.А. **Морозовская И.А.**, Бабарига С.П., Куриленко О.Г. Раковины *Unionidae* как субстрат для поселения дрейссены в водоеме-охладителе. // *Дрейссениды: эволюция, систематика, экология. Лекции и матер. докл. I-ой Междунар. Школы-конф. Ин-т биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, ООО «Ярославский печатный двор», 2008. С. 128–131. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні роботи).*
17. **Морозовська І.О.**, Протасов О.О. Відмінності популяційної структури *Dreissena polymorpha* Pallas в перифітонній та бентосній частинах її популяції у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС // *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького природного парку: матер. наук. конф. 2012 р., смт. Шацьк. Львів: СПОЛОМ, 2012. С. 50. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання роботи).*
18. Силаева А.А., Протасов А.А., **Морозовская И.А.** О многолетней динамике сообществ дрейссенид в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС // *Дрейссениды: эволюция, систематика, экология: лекции и матер. докл. II-ой междушк.-конф. Борок. Ярославль: Канцлер, 2013. С. 96–101. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні роботи).*
19. **Морозовская И.А.**, Протасов А.А. Влияние гидрофизических факторов на зооперифитон в водоемах технического назначения // *Фізичні методи в екології, біології та медицині: матер. V наук. конф. (18–21 вересня 2014 р.). Львів–Ворохта. С. 96–98. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, участь у написанні роботи).*
20. Протасов А.А., **Морозовская И.А.** Размерная и фенотипическая структура популяции *Dreissena polymorpha* Pallas в водоеме-охладителе ХАЭС // *Биоразнообразии и роль животных в экосистемах. IV междунауч. конф. «ZOOCEANOSIS-2007», Днепропетровск, 2007 г. С. 99–101. (Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання роботи).*
21. **Морозовская И.А.**, Протасов А.А. Изменчивость популяции *Dreissena polymorpha* Pallas по характеру рисунка раковины и меланизации в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС // *Биоразнообразии и роль животных в*

екосистемах. V междунар. науч. конф. «ZOOECENOSIS-2009», Днепропетровск, 2009 г. С. 73–75. (*Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання роботи*).

22. **Морозовская И.А.** Консорции в водных экосистемах. // конф. молодых дослідників-зоологів, 2012 р. Київ, Ін-т зоології НАНУ – С. 25. (*Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання роботи*).

23. **Морозовская И.А.** Формирование сообществ дрейссены и мшанки на экспериментальных субстратах в перифитоне Каневского водохранилища // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: наук.-практ. конф. молодих вчених, 2016 р. С. 39–41. (*Збір, обробка, аналіз матеріалу, написання роботи*).

ПОДЯКИ

Автор висловлює глибоку шану та щире вдячність науковому керівнику д.б.н., проф. Протасову О.О. за цінні поради та наукове керівництво роботою, а також Силаєвій А.А., Новосьоловій Т.М., Меньшовій Т.І., Гур'яновій Г.О. за надання консультативної та практичної допомоги у проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи.

АНОТАЦІЯ

Морозовська І.О. Структура угруповань консортивного типу в бентосі та перифітоні водойми-охолоджувача АЕС. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) зі спеціальністю 03.00.17 «Гідробіологія». – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2019.

У роботі висвітлені закономірності формування структури угруповань консортивного типу в бентосі та перифітоні в умовах водних об'єктів технічного призначення. На підставі аналізу результатів багаторічних досліджень на водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС, а також, в порівняльному аспекті, в річці Гнилий Ріг (вододжерело водойми-охолоджувача ХАЕС), у водоймі-охолоджувачі Чорнобильської АЕС та Канівському водосховищі, встановлено закономірності формування структури консортивних угруповань з різноманітними едифікаторами (двостулковими молюсками, губкою, мохуваткою).

Дослідження проводили у 2005–2014 рр. За період досліджень проаналізовано близько 300 кількісних і якісних гідробіологічних проб, для дослідження розмірної структури і фенотипової мінливості в популяції *D.polyomorpha* оброблено 4400 черепашок молюсків.

У досліджених водоймах таксономічне багатство всіх угруповань було досить великим: всього відмічено 102 вида і надвидових таксона гідробіонтів.

На основі досліджень складу угруповань побудовано графічні моделі біоценотичних зв'язків. Встановлено, що найбільш важливими і поширеними є топічні біоценотичні зв'язки. Всього в угрупованнях виділено від 15 до 39 біоценотичних зв'язків.

Встановлено, що формування консортивних угруповань відбувалося досить швидко. Вперше було встановлено явище послідовної заміни одного консортивного угруповання (з домінуванням моховаток, губок) іншим – з домінуванням дрейсенід. В цілому, для формування значних поселень дрейсени необхідно близько 150 діб. Таким чином, в кінці літнього періоду і восени необхідно проводити заходи щодо усунення обростання з систем водопостачання АЕС. Матеріали цих досліджень використані в рекомендаціях з проведення гідробіологічного моніторингу водойм-охолоджувачів АЕС.

Ключові слова: перифітон, бентос, водойма-охолоджувач, АЕС, консорція, угруповання консортивних типу, консорт, едифікатор.

АННОТАЦІЯ

Морозовская И.А. Структура сообществ консортивных типа в бентосе и перифитоне водоема-охладителя АЭС. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук (Доктора философии) со специальностью 03.00.17 «Гидробиология». – Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, 2019.

В работе изложены результаты многолетних исследований сообществ консортивного типа в бентосе и перифитоне в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС, а также, в сравнительном аспекте, в реке Гнилой Рог (водоисточник водойма-охладителя ХАЭС), в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС и в Каневском водохранилище. Исследования проводили в 2005–2014 гг.

В исследованных водоемах таксономическое богатство всех сообществ было достаточно большим: всего было отмечено 102 НОТ.

На основе исследований состава группировок были построены графические модели биоценологических связей. Установлено, что наиболее важными и распространенными являются топические биоценологические связи. Всего в группировках выделено от 15 до 39 биоценологических связей.

Установлено, что формирование консортивных сообществ происходило достаточно быстро. Впервые было установлено явление последовательной замены одной консортивной группировки (с доминированием мшанок, губок) другой – с доминированием дрейссенид. В целом, для формирования значительных поселений дрейсени необходимо около 150 суток. Таким образом, в конце летнего периода и осенью необходимо проводить мероприятия по устранению обрастания из систем водоснабжения АЭС. Материалы этих исследований использованы в рекомендациях по проведению гидробиологического мониторинга водоемов-охладителей АЭС.

Ключевые слова: перифитон, бентос, водоем-охладитель, АЭС, консорция, сообщества консортивных типа, консорт, эдифікатор.

ABSTRACT

Morozovskaya I.A. The structure of consortium-type communities in the benthos and periphyton of the NPP cooling reservoir. – Manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of biological sciences (Doctor of Philosophy) with specialty 03.00.17 “Hydrobiology”. – Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2019.

The problem of forming of the structure of biotic communities is one of the important in hydrobiology and ecology. There is a wide gradient of water organisms communities, in which to varying degrees, there are constant biocenotic relationships between populations. Communities of a consortium type, where most of the relationships are related to the central type of edificator occupy a significant place in water ecosystems (Mazing, 1966; Maltsev, 1987; Protasov, 2006). Therefore, the study of such communities is very important. Also shown precisely such communities cause the greatest biological hindrances in the operation of water supply systems (Kharchenko, 1981; Protasov, 2011).

Consortiums are a complex of individuals of different species, in the center of which there is an individual of any autotrophic or heterotrophic species, components of which are closely connected with the center and with themselves trophic, topic, fabric or foretic relationships (Beklemishev, 1951; Golubets, 2000). Communities of consortium type are a type of communities in which there is a population or several populations that significantly modify the environment for others ones.

In the work considered patterns of the consortium-type of benthic and periphytic communities structure formation in the conditions of technical water bodies. The thesis presents the results of long-term studies of consortium-type communities in benthos and periphyton in the cooling pond of the Khmelnytsky nuclear power plant (KhNPP), as well as, in comparative terms, in the Gniloy Rog river (water source of the KhNPP cooling reservoir), in the Chernobyl nuclear power plant cooling reservoir, and Kaniv reservoir. Studies were conducted in 2005–2014. During the study period, about 300 quantitative and qualitative hydrobiological samples were processed, and 4400 mollusk shells were processed to study the dimensional structure and phenotypic variability in the *D. polymorpha* population.

Complex hydrobiological studies on the Khmelnytsky NPP cooling pond have been shown in the benthos and periphyton the communities, corresponding to the signs of consortia (dominant-edificator, significant indicators of abundance) are a communities of large Unionidae with druses of *Dreissena*, communities of *D. polymorpha* in the form of druses of molluscs on the bottom, fouling communities on technogenic substrates. In the studied reservoirs, consortium groups did not differ in significant taxonomic richness. However, the taxonomic richness of all communities was quite large: a total of 102 species and supraspecific taxa of hydrobionts were recorded.

According to studies of consortia with two edificators, it was found that the settlement of *Dreissena* do not have a negative impact on the basibionts (Unionidae), while the drusen of the *Dreissena* was the attractive biotope for mobile organisms.

Studies of consortia communities with dominated by Dreissena, which were named as dominant *D. polymorpha* + (*S. lacustris* + *Tubificidae sp.* + *L. nervosus*) in intake channel, *D. polymorpha* + (*P. convictum* + *E. tenellus* + *Tubificidae sp.*) on the dam and *D. polymorpha* + (*E. carteri* + *E. tenellus*) in the southern part of the KhNPP cooling pond showed that they reach high values of biomass and can cause biological hindrances in the operation of hydro facilities, cooling systems. It is established the total biomass in the Dreissena communities can reach 19750,65 g/m², in communities with a domination of Bryozoa – 1167,00 g/m².

Based on studies of the composition of the groups, graphic models of biocenotic relationships were constructed. Found that the most important and common are topical biocenotic links. All from 15 to 39 biocenotic links were identified in the communities.

It was established that the formation of consortium communities took place fairly quickly. For the first time, the phenomenon of successive replacement of one consortia grouping with another – with was established. The data obtained allow us to draw practical conclusions. During the first period (35-40 days), the substrates are not populated with attached forms. The formation of fouling communities occurs at the end of the spring period. In general, it takes about 150 days to form significant settlements. Thus, at the end of the summer period and in the autumn it is necessary to take measures to eliminate fouling from the NPP water supply systems. The materials of these studies are used in the recommendations for the hydrobiological monitoring of cooling of nuclear power plants.

Keywords: periphyton, benthos, cooling pond, NPP, consortia, consortium-type communities, consort, edificator.

Підп. до друку 14.03.2019. Формат 60×90¹/₁₆. Папір. офс. Гарнітура “Таймс”. Друк. офс.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам. 193.

Віддруковано у ТОВ-Видавництві “ЛОГОС” із оригіналів автора.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК № 201 від 27.09.2000 р.
01030, Київ-30, вул. Богдана Хмельницького, 10, тел. 235-60-03