

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

КРАСУЦЬКА НАТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 574.63: [[594:576.89]]:504.055

**ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ
НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СИМБІОЦЕНОЗІВ ДЕЯКИХ ВИДІВ МОЛЮСКІВ**

03.00.17 – гідробіологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі гідропаразитології та мікробіології Інституту гідробіології НАН України.

Науковий керівник: доктор біологічних наук,
Юришинець Володимир Іванович,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу гідропаразитології та мікробіології
Інституту гідробіології НАН України.

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Киричук Галина Євгеніївна,
завідувачка кафедри ботаніки,
біоресурсів та збереження біорізноманіття
Житомирського державного університету імені Івана Франка;

габілітований доктор біологічних наук,
Овчаренко Микола Олександрович,
старший науковий співробітник,
професор кафедри зоології та фізіології тварин
Поморської Академії у Слупську (Польща)
Міністерства науки і вищої освіти.

Захист відбудеться «5» квітня 2017 р. об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.26.213.01 Інституту гідробіології НАН України за адресою: 04210, м. Київ, просп. Героїв Сталінграда, 12.

Із дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту гідробіології НАН України: 04210, м. Київ, просп. Героїв Сталінграда, 12.

Автореферат розісланий «3» березня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д.26.213.01
доктор біологічних наук



А. В. Ліщук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За даними Національного комітету з астронавтики і досліджень космічного простору Інституту космічних досліджень НАСА імені Годдарда за останніх 100 років температура поверхні Землі зросла на $0,8^{\circ}\text{C}$, а за останні десятиліття - $0,3-0,4^{\circ}\text{C}$ [<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>]. Підвищення загальнорічної температури повітря, постійний притік додаткового тепла у водойми та зниження їхньої прозорості є результатом діяльності людини та призводить до зміни одного з головних фізичних чинників водного середовища – температури води. Відомо, що штучне підвищення температури у водоймі проявляється не тільки у збільшенні теплового запасу і підвищенні середньорічної температури води у водоймі, а й у зміні гідрологічного, гідрохімічного і гідробіологічного режимів у водоймах. Зміни клімату впливають на всю біоту, в тому числі й на паразитів.

У зв'язку з постійним зростанням антропогенного тиску на внутрішні водойми зростає увага дослідників до невід'ємної складової макрозообентосу – молюсків (Харченко, 1995; Протасов, 2002; Юришинець, 2013; Уваєва, 2014; Житова, 2016). Завдяки здатності молюсків концентрувати у своєму організмі у відчутних кількостях токсичні речовини, їх почали використовувати для визначення загального рівня забруднення водного середовища токсикантами та важкими металами як нетрадиційні тест-об'єкти (Францевич, 1995; Стадниченко, 1998; Балан, 2002; Грубінко, 2013). На сьогодні молюски є об'єктами численних еколого-фізіологічних та біохімічних досліджень. При цьому експериментальні дослідження не завжди враховують особливості молюсків та їхніх паразитів, що не дає дослідникам змоги вірогідно виділити реакції на зміну умов середовища хазяїв та їхніх паразитів окремо або паразитарної системи загалом. Оскільки паразитичні організми різних систематичних груп (інфузорії, трематоди, кліщі та ін.) є невід'ємними складовими симбіоценозів молюсків, то їх вивчення є актуальним. Зокрема представники класу Trematoda становлять науковий інтерес насамперед через присутність серед них небезпечних збудників захворювань людини і тварин – таких, як *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758, *Opisthorchis felineus* Rivolta, 1884, шистосоми та багато інших (Яворський, 1980; Vector control..., 1997; Patz et al, 2000; Sohn et al, 2011). Крім того, складні життєві цикли, характерні для трематод, роблять їх цікавим об'єктом фундаментальних досліджень загальнобіологічного напрямку, у тому числі присвячених аналізу взаємовідносин паразитів і хазяїв на популяційному рівні. На жаль, вивчення сезонних змін у геміпопуляціях партеніт трематод у популяціях молюсків-хазяїв переважно обмежується аналізом динаміки зараженості хазяїна. Очевидно, що такий підхід не дає змоги уявити повної картини сезонних змін в угрупованнях партеніт, оскільки в цьому випадку не враховують динаміки локальних геміпопуляцій. Опубліковані досі роботи, присвячені аналізу сезонної динаміки локальних геміпопуляцій партеніт трематод, демонструють перспективність цього підходу (Атаєв та ін., 2002; Galaktionov et al, 2003; Левакин, 2007).

Зміна температурного режиму водойм впливає на структурно-функціональні характеристики всієї біоти, зокрема і на молюсків та на їхніх симбіонтів у тому числі і паразитів, наслідком чого може бути дисбаланс паразито-хазяїнних

відносин, а саме спалах чисельності паразитів, зміна видового складу паразитофауни, в тому числі за рахунок появи інвазивних видів, епізоотії серед хазяїв і навіть їх загибель, у результаті чого можливий перехід симбіотичного угруповання в новий, іноді менш стійкий стан (Куперман, 1992; Беєр, 2003).

Отож дослідження впливу температурного чинника на симбіоценози моллюсків нині є важливим не тільки для прогнозування поведінки таких складних систем за умов глобального потепління, а й у використанні їх як чутливих тест-об'єктів до зміни якості водного середовища, зокрема до термофікації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконували у лабораторії гідропаразитології відділу санітарної гідробіології Інституту гідробіології НАН України в межах:

1) бюджетних тем ІГБ НАНУ №86 «Розробка інтегральних показників еколого-санітарного стану гідроекосистем на основі вивчення біотичної різноманітності» (№ держреєстрації 0101U004990); №98 «Санітарно-гідробіологічна оцінка стану та прогноз наслідків техногенного впливу на водні екосистеми із застосуванням методології екоіндикації» (№ держреєстрації 0106U002146); №102 «Оцінка стану транскордонних річкових басейнів на основі біомаркерів з метою збереження та відновлення біорізноманіття» (№ держреєстрації 0107U000792); №111 «Санітарно-гідробіологічний стан водних об'єктів урбанізованих територій» (№ держреєстрації 0111U000075);

2) науково-дослідної роботи за грантом НАН України для молодих учених №105 «Паразити моллюсків як біомаркери стану водного середовища» (№ держреєстрації 0107U007160);

3) стипендії фонду ім. Ю. М'яновського (Варшава, Польща) для виконання проекту «*Communities of parasitic ciliates of mollusks from anthropogenic changed water bodies*».

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було з'ясувати особливості структурно-функціональних перебудов симбіоценозів моллюсків за умов підвищення температури водного середовища.

Для досягнення поставленої мети виконували такі завдання:

- дослідити видовий склад та перебудови у структурі досліджуваних симбіоценозів (зміна інтенсивності інвазії (II) та розмірів паразитів; зміна приросту маси та поведінкових реакцій хазяїв) при підвищеній температурі водного середовища;
- з'ясувати функціональні характеристики досліджуваних симбіоценозів (інтенсивність обміну, швидкість споживання кисню, вміст загального білка та активність сукцинатдегідрогенази (СДГ)) за умов підвищеної температури;
- визначити особливості досліджуваних симбіоценозів у водоймах, які зазнають антропогенного підвищення температури, на прикладі водойм-охолоджувачів;
- дати загальну характеристику структурно-функціональним змінам досліджуваних симбіоценозів при підвищеній температурі водного середовища.

Об'єкт дослідження – симбіоценози молюсків за впливу температурного чинника.

Предмет дослідження – екстенсивність та інтенсивність інвазії молюсків симбіонтами, фізіолого-біохімічні та морфологічні показники молюсків та їхніх симбіонтів.

Методи дослідження: гідробіологічні, паразитологічні, біохімічні.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше показано, що підвищення температури водного середовища викликає різнорівневу зміну структури симбіоценозів молюсків за рахунок адаптаційних перебудов в організмах хазяїв та симбіонтів, проявом чого є зміна активності ферментів, швидкість споживання кисню, виникнення міжпопуляційної мінливості.

Уперше виявлено статистично вірогідні відмінності приросту маси молюсків за різного температурного режиму та характеру інвазії трематодами.

У водоймах-охолоджувачах енергетичних водних об'єктів уперше виявлено індуковану зростанням температури водного середовища міжпопуляційну мінливість як одноклітинних (інфузорії роду *Conchophthirus*), так і багатоклітинних (трематода *Aspidogaster conchicola* Baer) симбіонтів.

Уперше виявлено зміни швидкості споживання кисню, активності СДГ та вмісту загального білка у молюсків за умови сукупної дії підвищення температури та інвазії різними видами трематод.

Практичне значення отриманих результатів. На практиці результати роботи можна використовувати так: 1) для виконання завдань, пов'язаних із удосконаленням системи оцінки ступеня антропогенної трансформації водойм за рахунок відокремлення змін природного характеру від індукованих підвищенням температури водного середовища; 2) для вдосконалення гідробіологічного моніторингу водойм-охолоджувачів енергетичних об'єктів із метою запобігання виникненню епізоотій та інших негативних наслідків для паразитологічної та санітарно-епідеміологічної ситуації; 3) при побудові прогнозних сценаріїв трансформації водних екосистем у відповідь на зміни клімату, пов'язані з підвищенням температури; 4) теоретичні положення та практичні результати роботи можуть бути використані для навчання фахівців із біологічного, екологічного, ветеринарного напрямів підготовки вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням, яке автор виконувала у період із 2005 по 2016 роки. Участь автора цієї роботи полягала у виконанні завдань, визначених метою дисертаційної роботи, в опрацюванні огляду наукової літератури, у проведенні польових, експериментальних досліджень, в аналізі та узагальненні отриманих результатів і у формулюванні висновків. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить істотна частка у досягненні цілей і виконанні завдань проведених досліджень, а також в аналізі та інтерпретації даних.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи були представлені на таких міжнародних наукових, науково-практичних

конференціях та семінарах: XXI Krajowe Seminarium Malakologiczne (Polska, Toruń-Ciechocinek, 2005 r.); XXII Krajowe Seminarium Malakologiczne (Polska, Huta Szklana, 2006 r.); Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми гідробіології» (Україна, Херсон, 2006 р.); III Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів (Україна, Львів, 2007 р.); V Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам водных экосистем (Україна, Севастополь, 2007 р.); III Міжнародна конференція молодих вчених «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution» (Україна, Одеса, 2007); XXIII Krajowe Seminarium Malakologiczne (Polska, Siedlce, 2007 r.); XXIV Krajowe Seminarium Malakologiczne (Polska, Gdańsk, 2008 r.); XIV Конференція Українського наукового товариства паразитологів (Україна, Ужгород, 2009 р.); XXV Krajowe Seminarium Malakologiczne (Polska, Boszkowo, 2009 r.); II Международная школа-конференция «Дрейссениды: эволюция, систематика, экология» (Россия, Борок, 11–14 ноября 2013 г.); I–III Науково-практичні конференції для молодих вчених «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Україна, Київ, 2013, 2015, 2016 рр.); V Міжнародна малакологічна конференція «Молюски: результати, проблеми і перспективи досліджень» (Україна, Житомир, 2016).

Матеріали дисертації були представлені у доповідях на засіданнях вченої ради Інституту гідробіології НАН України як звіти стипендіата Президента України та проекту молодих учених за грантом НАНУ (2006–2008) та грантом Фонду ім. Ю. Мяновського (Польща, 2007).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць, до яких входить 1 колективна монографія, 9 статей у фахових наукових журналах, серед них 3 – у виданнях іноземних держав, які внесені до міжнародних наукометричних баз, решта – в інших наукових журналах, матеріалах наукових конференцій та з'їздів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи – 170 сторінок, з яких загального тексту – 141 сторінок. Список використаних джерел містить 249 найменувань, серед них іноземних – 83. Робота ілюстрована таблицями та рисунками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У розділі представлений аналіз літературних джерел щодо вивчення питань впливу підвищення температури на структурно-функціональну організацію угруповань гідробіонтів, у т. ч. їхніх симбіоценозів. Показано, що різні за складом симбіоценози молюсків по-різному реагують на підвищення температури водного середовища. Розглянуто переваги та недоліки методологічних підходів до вивчення систем «паразит–хазяїн» в умовах глобального потепління на різних рівнях організації живої матерії. Проаналізовано результати досліджень сукупного впливу підвищення температури та паразитів на фізіолого-біохімічні показники гідробіонтів. Аналітичний огляд дав змогу зробити узагальнення, що оскільки симбіотичні організми є елементом специфічного угруповання – симбіоценозу, то їх

вивчення в умовах антропогенного підвищення температури, можливе тільки за допомогою комплексного різнорівневого підходу та у порівнянні експериментальних досліджень і натурних спостережень.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальний матеріал двостулкових та червононогих молюсків був відібраний за період 2005–2016 років переважно з таких водойм міста Києва: затока Собаче Гирло (Канівське водосховище), озеро Бабіне, озеро Центральне (стариця Десни). Для порівняльного аналізу були використані молюски та їхні симбіонти з водойм-охолоджувачів енергетичних об'єктів: Хмельницької АЕС та системи Конінських озер (Польща).

Було досліджено 10 видів молюсків, у яких виявлено 37 видів симбіонтів, з них 16 видів інфузорій, 15 видів трематод та 6 видів (таксонів) факультативних симбіонтів.

Досліджували популяції домінуючих видів молюсків *Viviparus viviparus* L., *Unio pictorum* L., *Unio tumidus* Phil., *Anodonta anatina* Linné, 1758, *Sinanodonta woodiana* (Lea), *Dreissena polymorpha* (Pall.), *Dreissena bugensis* Andr. та ін. Усього – понад 3000 екз.

Під час відбору матеріалу застосовували загальноприйняті в гідробіологічних дослідженнях методи. Відбір здійснювали в літоральній зоні за допомогою бентосного сачка та вручну на глибині від 0,5 до 2 м. Молюски та симбіотичні організми визначали за загальноприйнятими методиками (Методи гідроекологічних досліджень..., 2006; Старобогатов, 1977; Черногоренко, 1983б, 1989; Здун, 1961а, 1964, 1980; Raabe, 1971; Янковський, 1968). Під час дослідження симбіонтів молюсків біоетичні норми не були порушені.

Власні збори матеріалу у водоймах Польщі були здійснені завдяки гранту Фонду ім. Ю. Мянговського *Communities of parasitic ciliates of mollusks from anthropogenic changes water bodies* (червень–липень 2007 р.)

Дослідження модифікаційної мінливості інфузорій було виконано на матеріалах, зібраних автором, а також на матеріалах, представлених у колекції інфузорій Музею та Інституту зоології ПАН (м. Варшава, куратор колекції – професор С. Казубський).

Вплив температури досліджували у кілька (сім) серій. Для цих експериментів із вибірки однієї популяції, що характеризувалася певними показниками інвазії симбіонтами, відбирали щонайменше дві групи: 1-ша група – контрольна (з температурою водного середовища 21°C); 2-га – дослідна (з підвищеною температурою водного середовища – 26, 28, 30°C). Кожен дослід тривав 25 діб. Аклімаційний період становив 14 діб. Після закінчення експерименту молюски контрольної та дослідних груп піддавали повному паразитологічному розтину з приготуванням тимчасових та постійних препаратів симбіонтів. Усього в серіях експериментів було досліджено 1550 екз. *V. viviparus*. Для виявлення та визначення інфузорій у молюсків були зроблені зіскоби з різних ділянок мантийної порожнини з подальшим приготуванням сухих мазків. Сухі мазки імпрегнували азотнокислим сріблом за Кляйном (Іванов, 1987).

Біохімічні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками (Методы биохимических исследований., 1982; Досон, 1991). Концентрацію розчиненого кисню визначали за Вінклером (Веселов, 1959; Строганов, 1980). Для цих досліджень молюсків було поділено на «групи інвазії», які відрізнялися за видом та інтенсивністю зараження паразитами. За контрольну групу (1-ша група) брали матеріал, вільний від інвазії паразитичними організмами; 2-га група інвазії – молюски з «низькою» інтенсивністю зараження (інвазовані метацеркаріями трематод род. Echinostomatidae та *Leucochloridiomorpha constantiae* (Müller, 1935)); 3-тя група – молюски із «середньою» ІІ (заражені метацеркаріями, редіями та церкаріями *Neocanthoparyphium echinatoides* (de Filippi, 1854)); 4-та група інвазії – молюски з «високою» ІІ (інвазовані спороцистами та церкаріями *Cercaria pugnax* La Valette St. George, 1855).

Експериментальні дослідження, пов'язані з вивченням впливу температури, темпів поширення інфузорій проводили в лабораторних умовах відділу санітарної гідробіології та біотехнологічного комплексу Інституту гідробіології НАН України.

Статистичну обробку результатів здійснювали методом описової статистики (Рокицкий, 1961; Джефферс, 1981) із застосуванням програм MS Excel та STATISTICA 5.5.

СИМБІОЦЕНОЗИ МОЛЮСКІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХНІХ ПЕРЕБУДОВ ЗА УМОВ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Червононогі молюски *V. viviparus* є типовим представником малакофауни у багатьох водоймах і водотоках України, серед яких – водосховища Дніпра, водні об'єкти урбанізованих територій міста Києва (Уваєва, 2014). За нашими даними та даними з літературних джерел у симбіоценозі цього молюска в умовах басейну річки Дніпра налічують не менше 7 видів симбіонтів – паразитичних трематод (Здун, 1961а, 1964; Черногоренко, 1983б; Кудлай, 2008; Юришинець, 2012; Івасюк, 2014; Житова, 2016). Встановлено вірогідні відмінності у втраті маси тіла молюсків під впливом різного температурного режиму, характеру і ступеня інвазії паразитам. Так, експериментально виявлено що у заражених молюсків за дії підвищених температур (26°, 30°C) втрата маси була вищою (у середньому в 5 разів) відносно незаражених особин за аналогічних умов (рис. 1). Це можна пояснити тим, що заражений трематодами молюск витрачає суттєво більше енергії для підтримання своєї життєдіяльності.

При дослідженні сукупного впливу температури водного середовища та партеніт трематод різних видів на молюсків *V. viviparus* виявлено, що особини, заражені трематодами *C. pugnax*, для яких була характерна висока інтенсивність інвазії спороцистами, більш інтенсивно втрачали масу (в середньому у 2 рази) за умов впливу підвищених температур (26°, 30°C) порівняно з особинами, зараженими трематодами род. Echinostomatidae, партеногенетичні покоління яких представлені редіями (рис. 1).

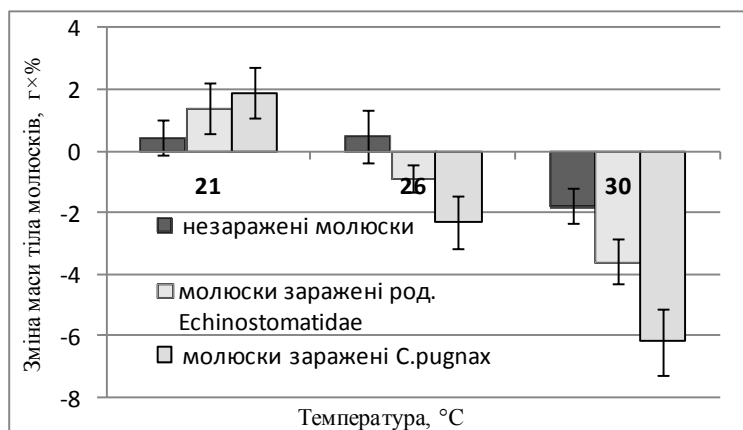


Рис. 1. Вплив температури та інвазії різних видів трематод на масу молюсків *V. viviparus* у вегетаційний період.

Висока інтенсивність зараження молюсків трематодами, які містять у своєму життєвому циклі спороцисти, що не мають власної травної системи та засвоюють поживні речовини всією поверхнею тіла, більш вагомо знижувала резистентність молюска-хазяїна до антропогенного підвищення температури води.

Встановлено вплив температури на розмірні характеристики (довжина та ширина) симбіонтів. Зокрема, результати експериментів у літній період свідчать, що температура 26,4°C була сприятливішою для розвитку спороцист трематоди *C. pugnax*. Адже у цьому температурному варіанті спороцисти трематоди мають більші розміри (на 9,6%) порівняно з варіантом 27,8°C ($p \geq 0,999$). Тоді як лінійні розміри спороцист за дії температури 27,8°C були менші (на 7,3%), ніж у особин, що утримувалися при 25,7°C ($p > 0,995$).

Відомо, що розвиток церкарій у середовищі однієї спороцисти є неоднорідним (Гинецинская, 1968). Про ступінь зрілості партеніт та личинок трематод, а отже і про стан геміпопуляцій партеніт та личинок *C. pugnax*, крім їхніх лінійних розмірів, можуть свідчити деякі зовнішні ознаки церкарій у тілі та поза тілом спороцист (Левакин, 2007). На підставі таких ознак партеніти та личинки трематод були поділені за ступенем зрілості на кілька градацій, які відображають генеративну структуру геміпопуляцій під впливом різної температури водного середовища. Отримані результати підтвердили попередній висновок, що оптимальною температурою для розвитку партеніт і личинок трематоди *C. pugnax* є 26,4°C. За цієї температури частка молюсків, інвазованих «спороцистами з активними церкаріями», є більшою в 10,4 раза порівняно з контролем (21°C) (рис. 2).

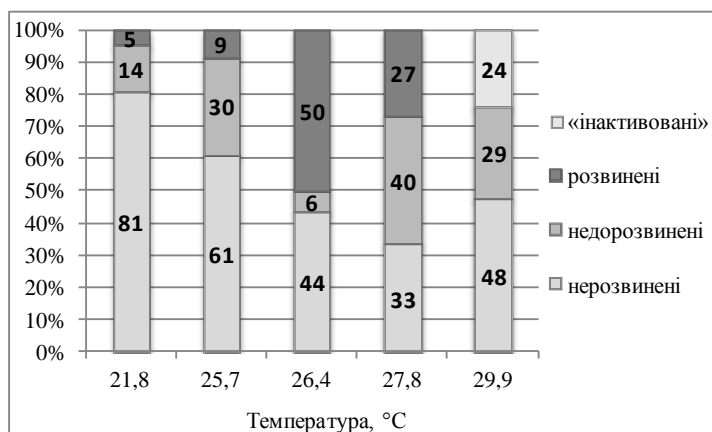


Рис. 2. Вплив температури водного середовища на ступінь розвитку спороцист трематоди *C. pugnax* молюсків *V. viviparus* за літній період (червень-серпень). Примітки: на осі у - частка спороцист різного ступеня розвитку.

Відсутність розвинених та наявність інактивованих під впливом температури спорист та церкарій при 29,9°C свідчить про негативний вплив високої температури водного середовища на розвиток та життєдіяльність партеніт та личинок цього виду трематод.

Виявлено зміни у розмірній структурі геміпопуляцій церкарій трематод *S. rugnax* під впливом підвищеної температури водного середовища. Зокрема, при температурі 26°C спостерігали перевагу в 12,9 раза церкарій максимального розмірного класу (довжиною від 121 до 150 мкм), порівняно з мінімальним розмірним класом (до 100 мкм) (рис. 3). Це підтвердило припущення про оптимальність температурного діапазону 24–26°C для розвитку спорист та церкарій.

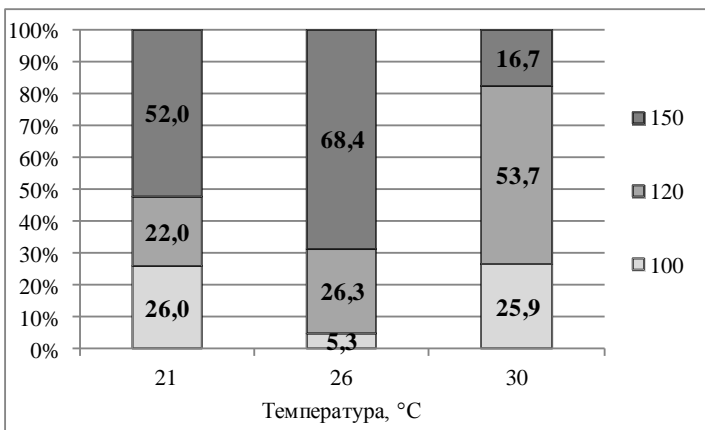


Рис. 3. Частки церкарій трематоди *S. rugnax* різних розмірних класів (в мкм) в організмі *V. viviparus* утриманих при відмінних температурах водного середовища. Примітки: на осі у - частки церкарій різних розмірних класів.

Дослідження впливу температурного чинника на угруповання мезобіонтних інфузорій перлівницевих на прикладі двостулкових молюсків *A. anatina* та їхніх симбіотичних інфузорій – представників роду *Conchophthirus* показало відмінність у наявності певних видів у варіанті з підвищеною температурою: зі складу угруповань мезобіонтних інфузорій практично зникли війчасті виду *Conchophthirus curtus* Engelmann, 1861 (рис. 4).

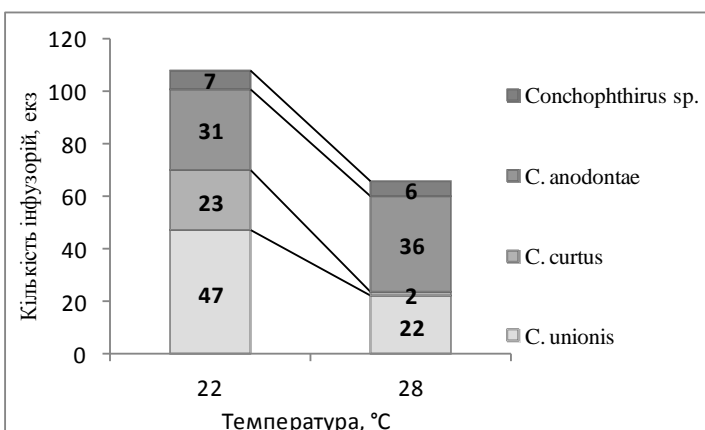


Рис. 4. Співвідношення різних видів інфузорій р. *Conchophthirus* у структурі угруповань молюсків *A. anatina*.

Відзначено зменшення розмірів мезобіонтних інфузорій перлівницевих під впливом підвищеної температури середовища, а саме за 28°C виявлено більшу кількість інфузорій *Conchophthirus anodontae* (Ehrenberg, 1838) Stein, 1861 малих розмірів (на 12,4%) відносно контролю. За таких умов менші за розмірами війчасті

мали ширшу передротову ліжку: порівняно з контролем (22°C) її ширина (w_0) була більшою в 1,3 раза, а індекс співвідношення (w_0/l_0) був більшим у 5,5 раза.

Виявлено відмінності у структурі симбіоценозів під впливом підвищеної температури, які пов'язані, зокрема, із впливом температури на швидкість розмноження симбіонтів та успішність їх поширення в навколишньому середовищі. Експериментальні дослідження динаміки зараження моллюска-вселенця *D. polymorpha*, з водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС інфузорією *Conchophthirus acuminatus* (Claparède & Lachmann, 1858) показали, що найбільш сприятливими для поширення симбіонтів були умови з оптимальними показниками температурного режиму (22–24°C). Порівняльний аналіз динаміки показників інвазії моллюсків із груп-реципієнтів в умовах різних температурних режимів виявив суттєві відмінності. Так, екстенсивність інвазії у варіанті з підвищеною температурою вже на 21-шу добу експерименту була вдвічі нижча, ніж за умовно оптимальних температур (22–24°C). Зростання показників екстенсивності інвазії групи-реципієнта до кінця експерименту можна пояснити різким збільшенням кількості інфузорій, які залишають своїх хазяїв, що перебували в несприятливих умовах. Про це опосередковано свідчить і зниження показників інтенсивності інвазії.

Виявлені в експериментальних умовах закономірності структурно-функціональних перебудов у симбіоценозах моллюсків були підтверджені дослідженнями відкритих водойм, які зазнають різного ступеня температурного впливу, зокрема водойм-охолоджувачів Конінської системи та Хмельницької АЕС.

СИМБІОЦЕНОЗИ ПРІСНОВОДНИХ МОЛЮСКІВ У МОДЕЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Симбіотичні організми домінантних видів двостулкових та червононогих моллюсків із системи Конінських озер (Польща). Дослідження 5 видів двостулкових та 4 видів червононогих моллюсків, відомих у системі Конінських озер показали, що найбагатша фауна симбіонтів властива оз. Понтновське як біотопу з нижчою середньою температурою води, порівняно з оз. Гоцлавське та скидним каналом Конінської ТЕС (табл. 1).

Зокрема моллюски *U. tumidus* із оз. Понтновського були заражені церкаріями та спороцистами трематоди *Vucephalus polymorphus* Baer, 1827 з екстенсивністю зараження (EI) 25,9%, на відміну від інших досліджуваних біотопів, де цієї трематоди не було виявлено. Значні величини екстенсивності зараження спостерігали у біотопі з вищою температурою (оз. Гоцлавське, 28°C), на відміну від водойми із нижчою температурою (оз. Понтновське, 24°C): показники інвазії трематодою *A. conchicola* моллюсків *U. tumidus* становили EI – 80,0 та 22,2% відповідно).

Велику і поширену в усіх досліджуваних водоймах із системи Конінських озер популяцію утворював перлівницевий моллюск *S. woodiana* – вселенець із водойм Угорщини.

Таблиця 1.

**Виявлені таксони симбіонтів молюсків із досліджуваних біотопів системи
Конінських озер**

№	Симбіонти	Озеро Понтновське	Озеро Гоцлавське	Скидний канал
1	<i>Conchophthirus unionis</i> Raabe	+	+	–
2	<i>Conchophthirus curtus</i> Eng.	+	+	–
3	<i>Conchoscutum inversum</i> Raabe	+	–	–
4	<i>Conchophthirus anodontae</i> Echrbg.	+	–	–
5	<i>Conchophthirus acuminatus</i> Claparède & Lachmann	+	–	–
6	<i>Trichodina unionis</i> Hampl	–	+	–
7	інші вільноживучі інфузорії	–	+	–
8	<i>Aspidogaster conchicola</i> Baer	+	+	–
9	<i>Bucephalus polymorphus</i> Baer	+	–	–
10	<i>Cercaria pugnax</i> La Valette	+	–	–
11	<i>Haplometra cylindracea</i> Zeder	+	–	–
12	<i>Opisthioglyphe</i> sp.	+	–	–
13	<i>Unionicola</i> sp.	+	+	–
14	Nematoda fam. gen. sp.	+	+	–
15	<i>Rotatoria</i> sp.	–	+	–
16	<i>Chaetogaster</i> sp.	+	–	–
17	<i>Chironomidae larvae</i> sp.	+	+	–
18	<i>Ostracoda</i> sp.	+	+	–

Уперше для водойм Польщі (в оз. Гоцлавське) у беззубки *S. woodiana* було виявлено трематоду *A. conchicola* (EI = 5,3%), яку вже раніше реєстрували наші колеги у водних об'єктах України (Yuryshynets, 2002). Заслуговує на підвищену увагу той факт, що за температури води 33°C у скидному каналі при найвищій щільності популяції (до 70 екз./м²) молюски *S. woodiana* були повністю вільні від інвазії будь-якими видами симбіонтів.

Структурно-функціональні перебудови симбіоценозів молюсків у водоймах, які зазнають впливу енергетичних об'єктів. Дослідження видового різноманіття інфузорій молюсків із біотопів Конінської системи встановили, що найбільшим багатством інфузорій вирізнялися молюски з оз. Понтновське (рис. 5). Встановлено, що молюски *D. polymorpha* за температури води 24°C (оз. Понтновське) характеризувалися вищими показниками інвазії війчастими *S. acuminatus*, ніж молюски з оз. Гоцлавське за температури води 28°C: EI = 82%, II = 56 екз/особину молюсків з оз. Понтновське; EI = 45%, II = 4 екз/особину з оз. Гоцлавське.

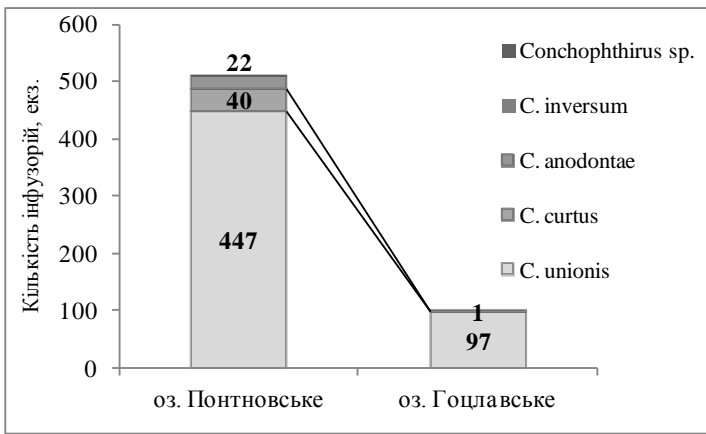


Рис. 5. Співвідношення різних видів інфузорій род. *Conchophthiridae* у молюсках род. *Unionidae* у Понтновському та Гоцлавському озерах.

В озері з вищою середньою температурою знайдено лише види *C. unionis*, *C. curtus* з порівняно меншими показниками інтенсивності зараження (оз. Гоцлавське: П *C. unionis* становила 6,7 екз/особину; оз. Понтновське - 16,2 екз/особину).

Результати досліджень структурно-функціональних перебудов симбіоценозів молюсків у водоймах, які зазнають впливу енергетичних об'єктів, були підтверджені отриманими раніше експериментальними даними.

Розмірні характеристики мезобіонтних інфузорій *C. acuminatus* молюсків *D. polymorpha* у водоймах із різним температурним режимом. Використання власних матеріалів, колекцій Музею та Інституту зоології ПАН (куратор – проф. С. Казубський) дали змогу виявити існування міжпопуляційної мінливості, пов'язаної із впливом температури на природні популяції молюсків та їхніх симбіонтів. Під час визначення структурних параметрів мезобіонтних інфузорій молюсків *D. polymorpha* було відмічено вірогідно більші розміри ширини ротової лійки інфузорій *C. acuminatus* з озер Гоцлавське і Понтновське (на 6,4%) порівняно з оз. Гопло (рис. 6а). Водночас спостерігали вірогідно меншу відстань від апікального кінця до початку перистомального поля інфузорій *C. acuminatus* з озер Гоцлавське та Понтновське (на 8,1%), порівняно з оз. Гопло (рис. 6б).

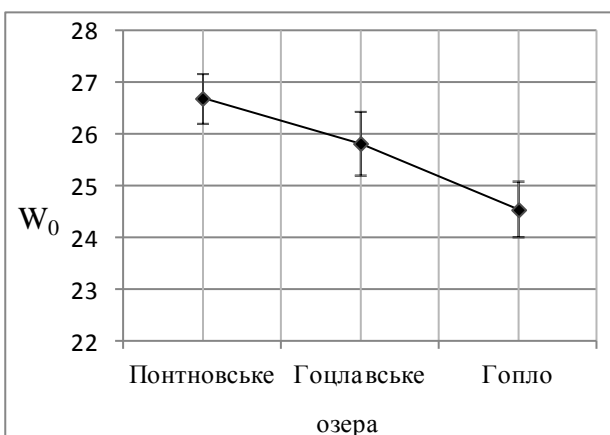


Рис. 6а. Ширина ротової лійки (w_0 , мкм) інфузорій *C. acuminatus* ($M \pm m$; $p \geq 0,999$).

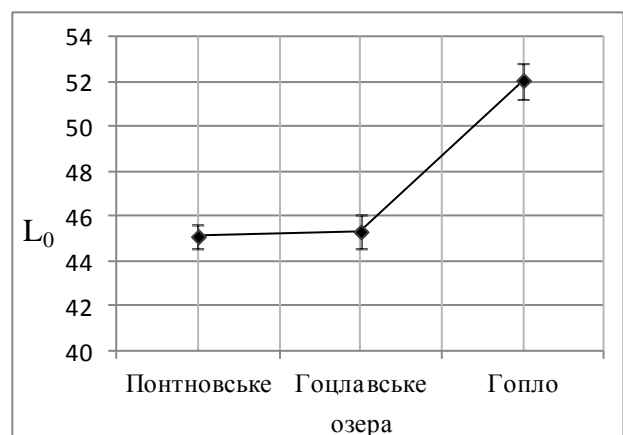


Рис. 6б. Відстань (l_0 , мкм) від апікального кінця до початку перистомального поля інфузорій *C. acuminatus* ($M \pm m$; $p \geq 0,999$).

Дослідження розмірних характеристик мезобіонтних інфузорій *C. unionis* уніонід виявило міжпопуляційну мінливість: ширша ротова лійка та більша відстань від апікального кінця до початку перистомального поля інфузорій *C. unionis* з оз. Понтновське порівняно із зазначеними параметрами інфузорій із Канівського водосховища.

Вплив температурного чинника на розмірні характеристики трематод *Aspidogaster conchicola* перлівницьких молюсків із водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС. Дослідження розмірних характеристик симбіонтів показало відмінності також і серед багатоклітинних організмів. При порівнянні розмірів поширеного паразита *A. conchicola* перлівницьких із водойми-охолоджувача ХАЕС та з Канівського водосховища, було виявлено вірогідну відмінність в індексі співвідношення W/L: за температури 32°C аспідогастри були ширші на 16,2%, порівняно з контрольними біотопами у цей самий сезон (Канівське водосховище – 21°C). Збільшення розмірів цього виду паразита при високій температурі середовища можливе за більш ефективного засвоєння паразитом енергетичних ресурсів організму-хазяїна.

Відмічені індуковані температурою структурні зміни у симбіоценозах молюсків та популяційних характеристиках симбіонтів дали змогу припустити наявність змін в еколого-фізіологічних характеристиках симбіоценозів на рівні організму молюска-хазяїна.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ІНВАЗОВАНИХ ТА НЕІНВАЗОВАНИХ МОЛЮСКІВ

Показовими для визначення фізіологічного стану молюска-хазяїна під впливом підвищеної температури були обрані такі маркери:

1. Швидкість споживання кисню молюсками. Цей показник відображає рівень метаболізму в інвазованих та неінвазованих молюсків. Відомо, що дані про дихання можна використовувати як індикатор фізіологічного стану молюсків для характеристики їхніх природних популяцій.

2. Уміст загального білка в гепатопанкреасі як найбільш стабільної основи тіла молюсків. Зокрема зниження вмісту загального білка призводить до зниження загальної резистентності організму і сприяє розвитку захворювань про- та еукаріотичної природи;

3. Активність СДГ молюсків (як біохімічний мітохондріальний маркер). Цьому ферменту властива вузька субстратна специфічність, він окиснює тільки бурштинову кислоту. Відомо, що молюски як факультативні анаероби виробили в ході еволюції важливий альтернативний механізм адаптації до умов середовища, за якого анаеробний обмін глюкози може призвести до накопичення сукцинату.

Залежність швидкості споживання кисню молюсками *Viviparus viviparus* та інтенсивності їхнього обміну від інвазії партенітами трематод і температури водного середовища. Під час дослідження швидкості споживання кисню інвазованими та неінвазованими молюсками *V. viviparus* отримані за контрольної температури результати збігаються із даними з літературних джерел (Гинецинская, 1968; Стадниченко, 2012). Так, у контролі досліджуваний показник був вищим за

більших значень інтенсивності зараження паразитами: у 2-й групі інвазії - на 47% та на 62% у 3-й групі порівняно з незараженими особинами (рис. 7).

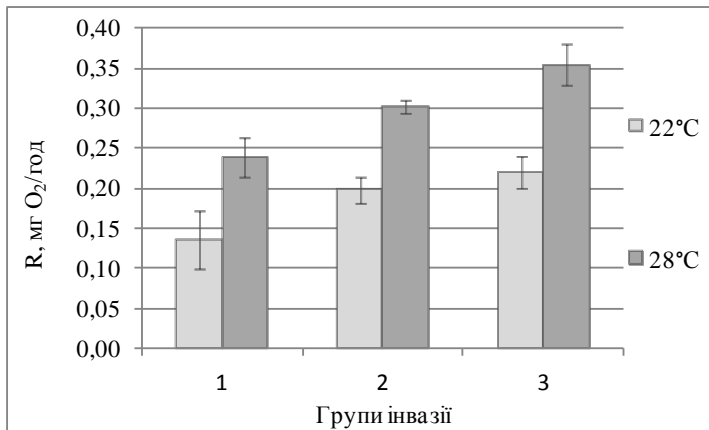


Рис. 7. Швидкість споживання кисню (R) симбіоценозами молюсків *V. viviparus* за різних температур водного середовища.

За підвищеної ж температури швидкість споживання кисню спостерігали вищу в 1,6 раза в середньому за групами інвазії. Згідно з отриманими результатами (за 28°C) швидкість споживання кисню неінвазованими молюсками була на 77% вищою порівняно з аналогічною групою молюсків у контролі. Цей показник був більшим на 52% в групі молюсків із «низькою» інтенсивністю зараження паразитами та на 62% - в групі з «середнім» ступенем інвазії порівняно з аналогічними групами за контрольної температури середовища.

Також встановлено, що паразитування партеніт трематод у гепатопанкреасі *V. viviparus* здатне призводити до зростання інтенсивності обміну речовин, про що свідчить підвищення інтенсивності споживання кисню молюсками. Так, у групі з «низьким» та «середнім» ступенями інвазії були відмічені вищі величини інтенсивності обміну на 15% і 26% відповідно порівняно з молюсками, вільними від паразитів.

Зростання температури водного середовища загалом призводило до підвищення інтенсивності обміну. Так, за вищої температури (28°C) інтенсивність обміну неінвазованих молюсків була на 30% вищою порівняно з контролем. Інтенсивність обміну у групі з «низьким» ступенем інвазії трематодами була вищою на 72%, а в групі із «середнім» ступенем інвазії - на 108% порівняно з аналогічними групами за контрольної температури.

Вплив трематодної інвазії на вміст загального білка та активність сукцинатдегідрогенази в гепатопанкреасі молюсків *Viviparus viviparus* за різної температури водного середовища. Експериментально встановлено, що вміст загального білка та активність СДГ в гепатопанкреасі молюсків залежить від інтенсивності трематодної інвазії (рис. 8а, 8б).

Трематодна інвазія викликає зменшення синтезу загального білка в гепатопанкреасі *V. viviparus*, що може призвести до їх загибелі. Цей факт, зменшення синтезу загального білка, підтвердили інші вчені, але на інших об'єктах і тканинах (Давыдов, 2011; Стадниченко, 2013). Найбільше зниження величини цього показника (на 36%) відмічено в гепатопанкреасі молюсків при «високій» інтенсивності зараження.

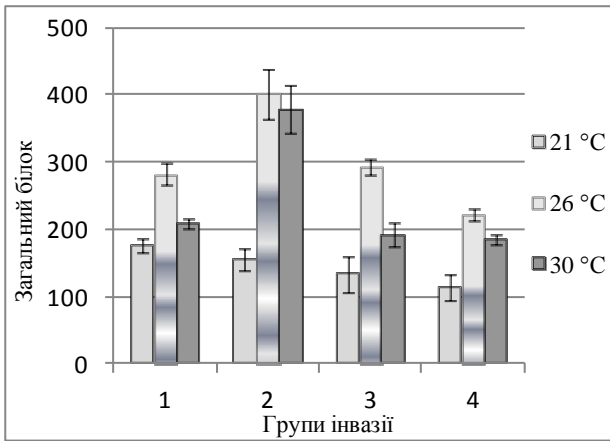


Рис. 8а. Вміст загального білка (мг/г) в гепатопанкреасі молюсків за різної інтенсивності зараження трематодами ($M \pm m$; $n = 5$; $p \geq 0,95$).

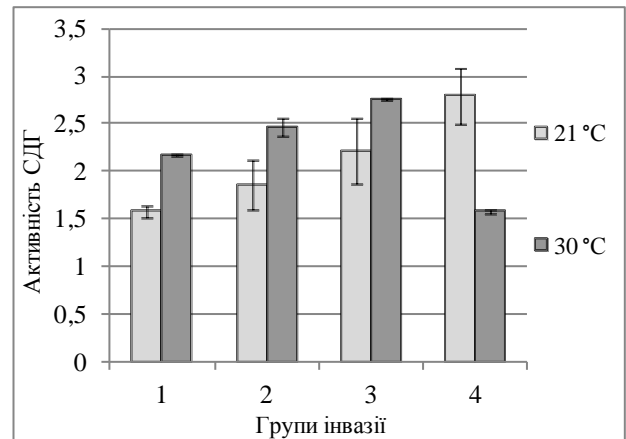


Рис. 8б. Активність АДГ (нмоль/мг білка·хв) в гепатопанкреасі молюсків за різної інтенсивності зараження трематодами ($M \pm m$; $n = 5$; $p \geq 0,95$).

Однак підвищення температури водного середовища до оптимальних величин (у нашому випадку 26°C) активує метаболічні процеси в гідробіонтів, у тому числі пов'язані з синтезом білка. Також при підвищеній температурі середовища (26° , 30°C) в гепатопанкреасі молюсків із «низькою» інтенсивністю зараження було відмічено значно вищі величини вмісту загального білка (відповідно в 2,3 і 2,1 раза) порівняно з неінвазованими молюсками за контрольної температури. До цієї групи молюсків входять особини, заражені метацеркаріями трематод *N. echinatoides* і *L. constantinae*. Аналіз даних з літературних джерел показав, що хоча метацеркарії не харчуються, вони все ж таки впливають на організм молюска (Fried, 1985; LeFlore, 1987).

Доведено, що інтенсивність зараження трематодами підвищувала активність АДГ в гепатопанкреасі заражених особин у 1,5 раза порівняно з контролем (неінвазовані молюски за 21°C).

Виявлено, що за дії температури 30°C активність АДГ була вища порівняно з контрольною температурою. Так, дослідження показали, що в умовах середньої інтенсивності інвазії трематодами (близько 11,5 тис. екз/особину) активність АДГ була вища в 1,7 раза порівняно з контролем, що свідчить про посилення інтенсивності перетворення бурштинової кислоти у фумарову. Тоді як сумарна дія підвищеної температури (30°C) та високої інтенсивності зараження (4-та група інвазії: молюски заражені трематодами *S. rugnax* з інтенсивністю інвазії до 165 тис. екз/особину) призводила до зниження активності АДГ в 1,4 раза порівняно з незараженими особинами за 30°C . Це може свідчити про порушення нормального функціонування циклу Кребса та призвести до зменшення енергозабезпечення організму хазяїна.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

Отже, антропогенне підвищення температури водного середовища впливає на симбіоценози молюсків, утворені різними видами симбіонтів, та проявляється на різних рівнях організації живого (рис. 9):

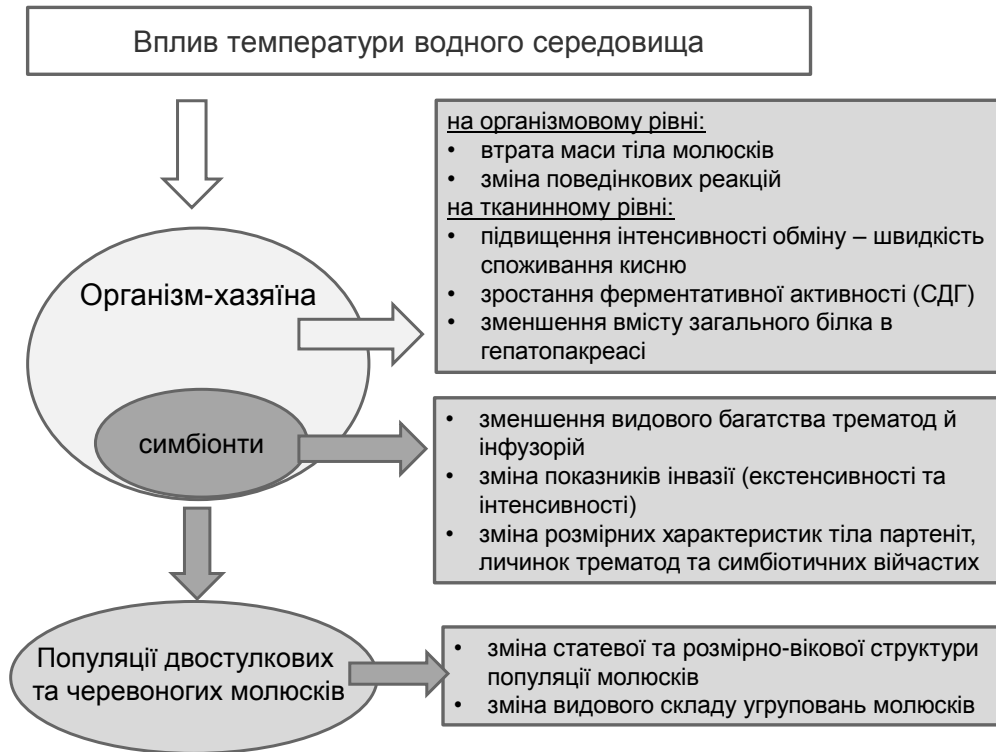


Рис. 9. Схема різнорівневого впливу підвищеної температури на симбіоценоз молюсків.

1) на тканинному рівні сукупний вплив температури і трематодної інвазії викликає зміну таких біохімічних показників молюска-хазяїна, як підвищення інтенсивності обміну, зростання активності ферментів енергетичного обміну (зокрема СДГ), збільшення вмісту загального білка в гепатопанкреасі молюсків;

2) на організмовому рівні вплив температури виражається у втраті маси організму-хазяїна, а також у зміні поведінкових реакцій молюсків;

3) антропогенне зростання температури впливає на симбіонтів через організм хазяїна і викликає зменшення видового багатства трематод та інфузорій, зниження показників інвазії, а також стає причиною виникнення змін лінійних розмірів та конфігурації органів деяких одноклітинних і багатоклітинних симбіонтів;

4) вплив антропогенного підвищення температури на симбіотичне угруповання молюсків та їхніх симбіонтів призводить до зміни його структури через перебудову популяційних складових.

Отримані нами результати свідчать, що комплексні гідробіологічні та екологічні дослідження повинні враховувати паразитарний чинник. Різні якісна (таксономічний склад) та кількісна (показники інвазії) структури симбіоценозів модифікують вплив абіотичних чинників, зокрема температури водного середовища, на організм гідробіонтів, їхні популяції та угруповання.

ВИСНОВКИ

1. Підвищена температура як один із провідних екологічних чинників водного середовища спричиняє окрему і сукупну реакцію елементів симбіотичного угруповання через зміни його структурно-функціональної організації.

2. Виявлено статистично вірогідні відмінності приросту маси молюсків за різного температурного режиму та характеру інвазії трематодами. Найменшим приростом маси в експерименті характеризувалися *Viviparus viviparus* за температури 30°C (у середньому в 22 рази менше порівняно з контролем), коли геміпопуляції трематод були представлені переважно спороцистами *Cercaria pugnax*, які активно продукують зрілі церкарії.

3. Підвищення температури води викликає перебудову у структурі симбіоценозів молюсків за рахунок зменшення чисельності чутливих видів симбіонтів (інфузорії *Conchophthirus curtus* – у симбіоценозах перлівницевих, трематоли *Neoacanthoparyphium echinatoides* та *Cercaria pugnax* – у *Viviparus viviparus*).

4. Експериментальні дослідження виявили зміни в структурі популяції та виникнення міжпопуляційної мінливості симбіонтів молюсків, які можна пов'язати із різними температурними перевагами певних видів. У інфузорії *Conchophthirus anodontae* підвищення температури водного середовища до 28°C призводить до зростання частки особини малого розміру (на 12,4%, порівняно з контролем); у трематод *C. pugnax* – зростання розмірів спороцист за 26,4°C ($P \geq 0,999$).

5. У водоймах-охолоджувачах енергетичних водних об'єктів зростання температури водного середовища індукувало міжпопуляційну мінливість меристичних ознак як одноклітинних (інфузорії роду *Conchophthirus*), так і багатоклітинних (трематоли *Aspidogaster conchicola*) симбіонтів.

6. Перебудови у структурі симбіоценозів молюсків викликають зміни їхніх функціональних характеристик. За дії підвищеної температури (28°C) виявлено зростання швидкості споживання кисню незараженими особинами *V. viviparus* в 1,8 рази, в заражених редіями та метацеркаріями *N. echinatoides* швидкість споживання кисню зростає у 2,4 рази порівняно з контролем.

7. Виявлено вірогідну зміну активності сукцинатдегідрогенази та вмісту загального білка в гепатопанкреасі молюсків за дії підвищеної температури та зростання ступеня інвазії паразитами. Сукупна дія підвищеної температури (30°C) та паразитування трематод (висока інтенсивність інвазії трематодами *C. pugnax* – до 165 тис. екз./особину) призводила зниження активності сукцинатдегідрогенази в 1,4 рази, порівняно з незараженими особинами.

8. У водоймах-охолоджувачах енергетичних станцій в умовах підвищеної температури водного середовища спостерігався бідніший видовий склад симбіоценозів молюсків порівняно з природними водними об'єктами. Показники інвазії різними групами симбіонтів, а також структура їхніх популяцій також істотно відрізнялися.

9. Підвищення температури водного середовища викликає зміну структури симбіоценозів молюсків за рахунок існування адаптаційних перебудов в організмі хазяїв та симбіонтів, що проявляється у зміні активності СДГ, швидкості споживання кисню, виникненні міжпопуляційної мінливості, елімінації симбіонтів та хазяїв.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографічні збірки:

1. Юришинец В. И. Симбиозы брюхоногих и двустворчатых моллюсков / В. И. Юришинец, Ю. С. Ивасюк, **Н. А. Красуцкая** // Биоразнообразие и качество измененных гидроэкосистем Украины. – Киев: ИГБ НАН Украины, 2005. – С. 245–254. (Особистий внесок автора: *участь у проведенні лабораторних досліджень, узагальненні даних, участь у написанні підрозділу*).

Статті у фахових виданнях:

2. Івасюк І. С. Біоіндикація водного середовища із застосуванням трематод моллюсків / Ю. С. Івасюк, **Н. О. Красуцька** // Науковий вісник ЧНУ: Збірник наукових праць. – Вип. 416: Біологія. – Чернівці: Рута, 2008. – С. 81–87. (Особистий внесок автора: *збір, обробка та аналіз матеріалу, участь у написанні статті*).
3. **Красуцька Н. О.** Симбіотичні організми домінантних видів двостулкових та червононогих моллюсків системи Конінських озер / Н. О. Красуцька // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біол. – 2008. – № 2(36). – С. 77–83.
4. Yurishinets V. I. Experimental infestation of the mollusk *Dreissena polymorpha* (Bivalvia: Dreissenidae) by the ciliate *Conchophthirus acuminatus* (Ciliophora: Oligohymenophorea) / V. I. Yurishinets, Yu. S. Ivasyuk, **N. A. Krasutskaya** // Hydrobiological Journal. – 2008. – V. 44, № 1 – P. 104–112 (Особистий внесок автора: *відбір, обробка та аналіз матеріалу, проведення експериментів, участь у написанні статті*).
5. Yuryshynets V. Records of the parasitic worm *Aspidogaster conchicola* (Baer 1827) in the Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea 1834) in Poland and Ukraine / V. Yuryshynets, **N. Krasutskaya** // Aquatic Invasions. – 2009. – Volume 4, Issue 3. – P. 491–494. (Особистий внесок автора: *відбір, обробка та аналіз матеріалу, участь у написанні статті*).
6. Юришинець В. І. Симбіоценоз моллюсків *Viviparus viviparus* (L.) (GASTROPODA, VIVIPARIDAE) у водних об'єктах урбанізованих територій / В. І. Юришинець, Ю. С. Івасюк, **Н. О. Красуцька** // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Біол. – 2012. – №2 (51). – С. 311–314. (Особистий внесок автора: *збір, обробка та аналіз матеріалу, проведення експериментів, участь у написанні статті*).
7. Krasutskaya N. A. Effect of trematoda infestation on total protein content and succinate dehydrogenase activity in hepatopancreas of the snail *Viviparus viviparus* L. under different temperature / **N. A. Krasutskaya**, V. I. Yuryshinets // Hydrobiological Journal. – 2015. – 51, №2. – P. 60–66. (Особистий внесок автора: *збір, обробка та аналіз матеріалу, проведення експериментів, написання статті*).

8. **Красуцька Н. О.** Вплив температурного фактора на морфометричні показники партеніт та личинок трематоди *Cercaria pugnax* La Valette (Digenea: Lecithodendriidae) / Н. О. Красуцька // Наук. вісник Ужгор. ун-ту. Сер.: Біол. – 2016. – Вип. 41. – С. 34–38.
9. Красуцька Н. О. Сезонні та температурно-залежні зміни у системі «моллюск *Viviparus viviparus* – трематода *Cercaria pugnax*» / **Н. О. Красуцька**, І. С. Івасюк // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біол. – 2016. – №1 (65) – С. 39–47. (Особистий внесок автора: *збір, обробка та аналіз матеріалу, проведення експериментів, написання статті*).

Статті в інших виданнях:

10. **Красуцька Н. О.** Обґрунтування принципової схеми експериментів з виявленням структурно-функціональних перебудов симбіоценозів моллюсків у відповідь на зміну факторів навколишнього середовища / Н. О. Красуцька // Наук. зап. Терн. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. – 2005. – № 3 (26). – С. 184–185.
11. Юришинець В. І. Угруповання мезобіонтних інфузорій перлівницевих за умов впливу температурного фактора / В. І. Юришинець, **Н. О. Красуцька** // Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження моллюсків, їх роль в біоіндикації стану навколишнього середовища: Збірник наукових праць. – 2-й вип. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 2006. – С. 364–368. (Особистий внесок автора: *відбір матеріалу, приготування та обробка препаратів, аналіз отриманих даних та участь у написанні статті*).
12. **Красуцька Н. О.** Вплив температурного фактора на структурно-функціональні характеристики симбіоценозів моллюсків *Viviparus viviparus* / Н. О. Красуцька // Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы исследований: материалы Международной научной конференции. – Херсон, 2006. – С. 104–108.

Тези конференцій:

13. Krasutska N. O. Some biochemical parameters of host-parasite interactions by the influence of a temperature on a system «mollusc – trematodes» / XXI Krajowe Seminarium Malakologiczne (Toruń–Ciechocinek 6–8 kwietnia 2005). BookofAbstracts. – Toruń, 2005. – P. 16.
14. Krasutska N. The temperature influence on some structural-functional characteristics of a host-parasite system *Viviparus viviparus* (Gastropoda) – *Leucochloridiomorpha constantiae* (Trematoda) // XXII Krajowe Seminarium Malakologiczne. – Huta Szklana – Kielce, Sw. Krzyz. , 26–28 kwietnia 2006. – P. 27.
15. Красуцька Н. О. Вплив різної температури на показники інвазії трематодами моллюсків *Viviparus viviparus* // Молодь та поступ біології: Збірник тез III Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів (23–27 квітня 2007 року, м. Львів). – Львів, 2007. – С. 287.

16. Івасюк Ю. С. Паразити молюсків як біомаркери стану водного середовища / Ю. С. Івасюк, **Н. О. Красуцька** // Сборник тезисов V Международной научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем 24–27 сентября 2007. – Севастополь, 2007. – С. 128–130. (Особистий внесок автора: *проведення експериментів, аналіз даних і написання статті*).
17. Krasutska N. Influence of temperature on the rate of oxygen consumption of parasitic system *Viviparus viviparus* (Gastropoda) – trematoda (Trematoda) // XXIII Krajowe Seminarium Malakologiczne (Siedlce – Serpelice 24–27 kwietnia 2007). Book of Abstracts. – Siedlce, 2007. – P. 38–39.
18. Ivasiuk I. Peculiarities of ciliates distribution in zebra mussel population depending on abiotic and biotic factors / I. Ivasiuk, **N. Krasutska** // Proceedings of the III International Young scientists conference «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution», dedicated to 100 anniversary from birth of famous ukrainian lichenologist Maria Makarevych (Odesa, 15–18 May, 2007). – Odesa: Pechatniy dom, 2007. – С. 249–249. (Особистий внесок автора: *проведення експериментів, аналіз даних і написання статті*).
19. Ivasiuk I. Trematodes of the family *Echinostomatidae* of fresh-water snails as bioindicators of environmental status of the water object / I. Ivasiuk, **N. Krasutska** // XXIV Krajowe Seminarium Malakologiczne. Abstracty. – Gdansk, 2008. – P. 23. (Особистий внесок автора: *відбір та обробка матеріалів, аналіз та узагальнення даних, написання статті*).
20. Юришинець В. І. Застосування мікросимбіоценозів молюсків для індикації якості водного середовища / В. І. Юришинець, Ю. С. Івасюк, **Н. О. Красуцька** // XIV Конференція Українського наукового товариства паразитологів (Ужгород, 21–24 вересня 2009 р.): Тези доповідей. – Київ, 2009. – С. 124. (Особистий внесок автора: *відбір та обробка матеріалів, аналіз та узагальнення даних, участь у написанні статті*).
21. Yuryshynets V. The response of fresh-water molluscs' symbiotic communities on anthropogenic impact in the field experiments / V. Yuryshynets, I. Ivasiuk, **N. Krasutska** // XXV Krajowe Seminarium Malakologiczne (Boszkowo, 21–24 kwiecień 2009). Abstracty. – Boszkowo, 2009. – P. 96 (Особистий внесок автора: *відбір та обробка матеріалів, аналіз та узагальнення даних, участь у написанні статті*).
22. Красуцька Н. О. Вплив трематодної інвазії на активність фермента сукцинатдегідрогенази в тканинах молюсків *Viviparus viviparus* L. при різній температурі водного середовища // Актуальні проблеми сучасної гідроекології: Збірник матеріалів науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю заснування НАН України. – Київ, 2013. – С. 52–53.
23. Юришинець В. И. Симбиотические сообщества моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas) в водоемах охладителях / В. И. Юришинець, **Н. А. Красуцкая** // Материалы II международной школы-конференции «Дрейссениды: эволюция, систематика, экология» (Россия, Борок, 11–14 ноября 2013 г.). – Борок, 2013. – С. 125–127. (Особистий внесок автора: *відбір*

та обробка матеріалів, аналіз та узагальнення даних, участь у написанні статті).

24. Красуцька Н. О. Швидкість споживання кисню молюсками *Viviparus viviparus* L. за впливу трематод та різного температурного режиму / **Н. О. Красуцька**, Ю. С. Івасюк // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів науково-практичної конференції, присвяченої 75-річному ювілею Інституту гідробіології НАН України. – Київ, 2015. – С. 42–43. (Особистий внесок автора: *відбір та обробка матеріалів, аналіз та узагальнення даних, написання статті*).
25. Красуцька Н. О. Вплив температури водного середовища на генеративну структуру геміпопуляцій партеніт та личинок трематод *Cercaria pugnax* (Digenea: Lecithodendriidae) молюсків *Viviparus viviparus* (Gastropoda) // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів III Науково-практичної конференції для молодих учених. – Київ, 2016. – С. 29–31.

ПОДЯКА

Автор висловлює глибоку подяку своєму науковому керівнику д.б.н. Юришинцю Володимирові Івановичу, д.б.н., професору Арсану Орестові Михайловичу, д.б.н., професору Протасову Олександрю Олексійовичу, к.б.н., провідному співробітникові Кроту Юрієві Григоровичу, співробітникам Музею та Інституту зоології Польської академії наук (м. Варшава, Польща), професорові Станіславу Казубському, усім співавторам спільних наукових праць.

АНОТАЦІЯ

Красуцька Н. О. Вплив температури на структурно-функціональні характеристики симбіоценозів деяких видів молюсків – рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук зі спеціальності 03.00.17 – Гідробіологія. – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2017.

Дисертація присвячена актуальній проблемі дослідження водних екосистем в умовах глобального потепління, зокрема з'ясуванню закономірностей впливу температури на структурно-функціональні характеристики симбіоценозів молюсків у прісноводних екосистемах. У роботі вплив антропогенного підвищення температури водного середовища на симбіоценози молюсків досліджений на різних рівнях організації живого: на тканинному рівні (інтенсивність обміну, швидкість споживання кисню, вміст загального білка та активність сукцинатдегідрогенази); на організмовому рівні (зміна інтенсивності інвазії та розмірів паразитів; зміна приросту маси та поведінкових реакцій хазяїв), а також на популяційному рівні (зміна структури популяції). Крім того, визначені особливості досліджуваних симбіоценозів у водоймах, які зазнають антропогенного підвищення температури, на прикладі водойм-охолоджувачів Хмельницької АЕС (Україна), Конінської та Понтновської ТЕС (Польща).

Практичне значення роботи полягає у тому, що її матеріали дослідження про видовий склад, чисельність, особливості формування симбіоценозів моллюсків за умов впливу температури можна використати для виконання завдань, пов'язаних з удосконаленням системи оцінки ступеня антропогенної трансформації водойм, а також для вдосконалення процедури гідробіологічного моніторингу водойм-охолоджувачів енергетичних об'єктів з метою запобігання виникненню епізоотій та інших негативних наслідків для паразитологічної та санітарно-епідеміологічної ситуації. Результати роботи можуть бути використані під час розробки прогнозних сценаріїв трансформації водних екосистем у відповідь на зміни клімату, пов'язані з підвищенням температури.

Ключові слова: моллюски, симбіотичні угруповання, температура, розмірні характеристики, ферментативна активність.

АННОТАЦІЯ

Красуцкая Н. А. Влияние температуры на структурно-функциональные характеристики симбиоценозов некоторых видов моллюсков – рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.17 – Гидробиология. – Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, 2017.

Диссертация посвящена актуальной проблеме исследования водных экосистем в условиях глобального потепления – выяснению закономерностей влияния температуры на структурно-функциональные характеристики симбиоценозов моллюсков в пресноводных экосистемах. В работе влияние антропогенного повышения температуры водной среды на симбиоценозы моллюсков исследовано на разных уровнях организации живого: на тканевом уровне (интенсивность обмена, скорость потребления кислорода, содержание общего белка и активность сукцинатдегидрогеназы); на организменном уровне (изменение интенсивности инвазии и размеров паразитов, изменение прироста массы и поведенческих реакций хозяев), а также на популяционном уровне (изменение структуры популяции). Кроме того, определены особенности исследуемых симбиоценозов у водоемов, которые испытывают антропогенное повышение температуры, на примере водоемов-охладителей Хмельницкой АЭС (Украина), Конинской и Понтновкой ТЭС (Польша).

Практическое значение работы определено тем, что материалы исследования о видовом составе, численности, особенности формирования симбиоценозов моллюсков в условиях воздействия температуры можно использовать для решения задач, связанных со совершенствованием системы оценки степени антропогенной трансформации водоемов за счет отделения изменений природного характера от индуцированных повышением температуры водной среды, а также для совершенствования процедуры гидробиологического мониторинга водоемов-охладителей энергетических объектов с целью предотвращения возникновения эпизоотий и других негативных последствий для паразитологической и санитарно-эпидемиологической ситуации. Результаты работы могут быть использованы при построении прогнозируемых сценариев трансформации водных экосистем в ответ на изменения климата, связанные с повышением температуры.

Ключевые слова: моллюски, симбиотические сообщества, температура, размерные характеристики, ферментативная активность.

ANNOTATION

Krasutska, N. O. Effect of temperature on structural and functional characteristics of symbiocenoses of certain types of mollusks. – Manuscript.

Dissertation for PhD in Biological Science – specialty 03.00.17 – Hydrobiology – Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 2017.

The dissertation is devoted to the currently important research problem of water ecosystems under conditions of the global warming; in particular it describes the way how a temperature influences the structural and functional characteristics of symbiocenoses of mollusks in fresh-water ecosystems. In this dissertation the effect of anthropogenic increase of water temperature on symbiocenoses of mollusks has been examined on different levels of organization of the living: at the tissue level (intensity of metabolism; oxygen consumption rate; total protein content and activity of succinate dehydrogenase); at the organismal level (change in intensity of invasion and size of parasites; host weight and behavior change), and at the population level (changes in structure of population).

Under conditions of increased temperature (28°C) the oxygen consumption rate of the uninfected species of *Viviparus viviparus* L. increased 1.6 times, and the rate of oxygen consumption of the species of *Neoacanthoparyphium echinatoides* (de Filippi, 1854) contaminated with rediae and metacercariae increased 2.5 times as compared to control level.

It has been identified a probable change in succinate dehydrogenase activity and total protein content in hepatopancreas of mollusks under the effect of elevated temperature and increase of parasites infestation. The aggregate effect of elevated temperature (30°C) and trematode parasitizing (a high degree of infestation by trematodes *Cercaria pugnax* La Valette St. George, 1855 – up to 165 000 species/specimen) led to increased protein and decreased activity of succinate dehydrogenase 1.4 times compared to uninfected specimen.

An increase of water temperature causes changes in structure of mollusks' symbiocenoses by means of reducing a number of sensitive types of symbionts (ciliates *Conchophthirus curtus* – in symbiocenoses of the Unionidae, trematodes *Neoacanthoparyphium echinatoides* and *Cercaria pugnax* – in *Viviparus viviparus*).

In the course of conducted experimental field studies there have been identified changes in structure of population and inter-population diversity of the mollusks symbionts which can be attributed to different temperature preferences of certain species. Thus, an increase of water temperature up to 28°C results in increase of proportion of small individuals of ciliates *Conchophthirus curtus*; and as regards trematodes *Cercaria pugnax* – sporocyst increase in size at a temperature of 26,4 ° C ($R \geq 0,999$).

Besides, in the dissertation there have been defined the particular features of the symbiocenoses located in water bodies exposed to anthropogenic increase of water temperature, namely the cooling ponds of the Khmelnytsky Nuclear Power Plant (Ukraine), the Konninska and Pontnovska Thermal Electric Power Stations (Poland).

The Power Stations cooling ponds with an increased water temperature exhibited a poorer variety of symbiocenoses species as compared to natural water habitat. Additionally, an increase of water temperature induced an inter-population variability of

meristic features of both unicellular (ciliates *Conchophthirus*) and multicellular (trematode *Aspidogaster conchicola* Baer, 1827) symbionts.

For the first time in Poland (in Hotslavske lake) there has been found the trematode *Aspidogaster conchicola* in the mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea).

The practical significance of the dissertation resides in the fact that its materials can be used to resolve problems pertaining to assessment of anthropogenic transformation of water as well as to improve procedures of hydrobiological monitoring of cooling ponds of energy facilities in order to prevent epizooties and other negative consequences as regards parasitological and epidemiological situation. The results of the dissertation can be used to forecast scenarios of transformation of water ecosystems in response to climate change caused by the rise of temperature.

Key words: mollusks, symbiotic groups, temperatures, size characteristics, enzyme activity.