

8. Сальников Н.Е. Рыбопродуктивность придунайских озер / Дунай и придунайские водоемы в пределах СССР. М. 1961. С. 167–173.

9. Шерман И.М., Краснощек Г.П., Пилипенко Ю.В. Рибництво. К.: Урожай, 1992. 192 с.

УДК 574.63

ЦИТОМЕТРИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОЛЮСКІВ РОДИНИ *THIARIDAE*, ЩО УТВОРЮЮТЬ ОБРОСТАННЯ В ГІДРОТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ ЗАПОРІЗЬКОЇ АЕС

Єсіпова Н.Б. – к.б.н., доцент

кафедри загальної біології та водних біоресурсів

Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

У статті надані відомості щодо особливостей гістоструктури тканин та органів тропічних моллюсків-саморозселенців *Melanoides tuberculata* та *Tarebia granifera*, які утворюють біоперешкоди в гідротехнічній системі ЗАЕС. Згідно з цитометричними показниками, ширина зябрових пелюстків, повздожних м'язових волокон та епітеліального шару шлунково-кишкового тракту були вірогідно вищими у *T. granifera* в порівнянні з *M. tuberculata*. Отриманні дані вказують на більш розвинені фізіологічні можливості пристосування до умов навколишнього середовища у *T. granifera* в порівнянні з *M. tuberculata*, що й зумовлює значне переважання її чисельності у біотопі обростань.

Ключові слова: гідротехнічні споруди Запорізької АЕС, біообростання, моллюски *Melanoides tuberculata*, *Tarebia granifera*, цитометричні показники.

Єсіпова Н.Б. Цитометрические особенности моллюсков семейства Thiaridae, которые образуют обростания в гидротехнической системе Запорожской АЭС

В статье представлены сведения об особенностях гистоструктуры тканей и органов тропических моллюсков-саморозселенцев *Melanoides tuberculata* и *Tarebia granifera*, которые образуют биопомехи в гидротехнической системе ЗАЭС. Согласно цитометрическим показателям ширина жаберных лепестков, продольных мышечных волокон и эпителиального слоя желудочно-кишечного тракта были достоверно выше у *T. granifera* по сравнению с *M. tuberculata*. Полученные данные указывают на более развитые физиологические возможности приспособления к условиям окружающей среды у *T. granifera* по сравнению с *M. tuberculata*, что и обуславливает значительное преобладание ее численности в биотопе обростаний.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения Запорожской АЭС, биообростания, моллюски *Melanoides tuberculata*, *Tarebia granifera*, цитометрические показатели.

Yesipova N.B. Cytometric features of the Thiaridae family mollusks that form fouling in the hydraulic engineering system of the Zaporizhian NPP

The article presents information about the histological structure peculiarities of the tropical mollusks - *Melanoides tuberculata* and *Tarebia granifera*'s tissues and organs that form biological obstacles in the hydrotechnical system of the ZNPP. According to the cytometric parameters, the width of gill lobes, longitudinal muscle fibers and the epithelial layer of the gastrointestinal tract were significantly higher in *T. granifera* compared to *M. tuberculata*. The obtained data indicated a more developed physiological adaptation to environmental conditions in *T. granifera* compared to *M. tuberculata*, which causes a significant predominance of its abundance in the biotope of fouling.

Key words: hydraulic structures of the Zaporizhian NPP, biofouling, molluscs *Melanoides tuberculata*, *Tarebia granifera*, cytometric parameters.

Постановка проблеми. Нині питання біообростання підводних промислових об'єктів залишається актуальним. Експлуатація технічних водопроводів нерідко ускладнюється внаслідок заселення поверхонь, що омиваються водою, різними рослинними та тваринними організмами. Біологічне обростання гідротехнічних споруд утворює проблеми для їх функціонування. Обростання водозабірних споруд і водоводів зменшує їх ефективність і може привести до практичного закупорювання водоводу [1, с. 31]. Як правило, в літературі, що стосується теплових та атомних станцій України, основна увага приділяється проблемам, пов'язаним із біоперешкодами від обростання синьо-зеленими водоростями, та молюсками р. *Dreissena*, які заважають нормальному функціонуванню систем охолодження [2, с. 44; 3, с. 24; 4, с. 6]. Але останнім часом з'явилися повідомлення щодо поширення у водоймах України тропічного молюска-саморозселенця *Melanoides tuberculata* (Müller 1774) [5, с. 38]. У наші водойми екзотичні молюски потрапляють в основному шляхом самовільного заселення їх любителями-акваріумістами. У водоймах-охолоджувачах теплолюбні тропічні види гідробіонтів знаходять оптимальні температурні умови для виживання і розмноження. У деяких випадках ріст популяцій інвазійних видів сягає катастрофічних масштабів і стає загрозою для функціонування гідротехнічних споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Молюски є однією з ключових груп організмів у процесах біологічних інвазій, тому проблема інтродукції у водойми чужорідних видів актуальна для багатьох країн. Закордонними дослідниками встановлено, що масовому поширенню молюска *M. tuberculata* сприяють його швидкий ріст, висока плодючість та низький прес хижаків [6, с. 418]. Відсутність у нашому регіоні природних хижаків меланії (краби, черепахи) загострює проблему боротьби з нею.

Вперше молюска *M. tuberculata* було зареєстровано у водоймі-охолоджувачі Південно-Української АЕС у листопаді 2005 р. із біомасою 6–35 г/м². З того часу він повністю натуралізувався у водоймі і постійно домінує в зообентосі середній та пригребельній частині водойми-охолоджувача, сягаючи 99% від загальної чисельності та біомаси бентосних організмів [7, с. 178].

В 2015 р. у водоймі-охолоджувачі Запорізької АЕС було зафіксовано два нових види прісноводних молюсків родини *Thiaridae*: *Melanoides tuberculata* і *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) [8, с. 78], чисельність яких стрімко зростає, завдаючи шкоди роботі гідротехнічних споруд. За даними співробітників кафедри загальної біології та водних біоресурсів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, середня чисельність популяції *M. tuberculata* у водоймі-охолоджувачі ЗАЕС влітку 2017 р. дорівнювала 20 екз./м², а біомаса – 3,12 г/м², тоді як чисельність *T. granifera* становила 66,7 екз./м², а біомаса – 9,27 г/м². У прибережній зоні біля скидання води з енергоблоків кількість *M. tuberculata* зростала до 60 екз./м², а біомаса – до 7,36 г/м². Кількість *T. granifera* сягала 300 екз./м², а біомаса – 47,8 г/м². Таким чином, кількісні показники популяції *T. granifera* майже в 5 разів перевищували показники популяції *M. tuberculata* [9, с. 977].

Для розуміння механізму пристосування екзотичних видів молюсків до незвичайних для них умов існування необхідно знати морфо-фізіологічні особливості цих видів, які нині залишаються слабо вивченими.

Постановка завдання. Метою статті є дослідити лінійно-вагові показники молюсків *Melanoides tuberculata* та *Tarebia granifera*, які утворюють біообростання в системі ЗАЕС, вивчити особливості гістоструктури тканин та органів двох видів

моллюсків, зробити порівняльний аналіз цитометричних показників досліджених видів моллюсків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проби моллюсків для досліджень відбирали у ставку-охолоджувачі Запорізької АЕС у серпні-вересні 2017 р. Збір моллюсків проводили з використанням гідробіологічного скребка. Для визначення лінійно-вагових показників проводили індивідуальне зважування та вимірювання особин.

Для гістологічного аналізу відбирали одновікових особин обох видів моллюсків і фіксували (без мушлі) у 4%-ному розчині формаліну. Виготовляли гістологічні зрізи за загальноприйнятою методикою з подальшим фарбуванням за методом Романовського-Гімзи. Аналіз гістологічних препаратів здійснювали за допомогою світлового мікроскопу при збільшенні об'єктиву $8\times$ та $40\times$ і фотографічної цифрової камери «Sciencelab T500 5.17 М». Під час цитометричних досліджень вимірювали ширину зябрових пелюстків, площу ядер зябрового епітелію, ширину повздовжніх м'язових волокон, площу поперечних м'язових волокон, ширину війчастого епітелію шлунково-кишкового тракту та площу клітин епітелію.

Ставок-охолоджувач ЗАЕС, де відбирались моллюски, споруджений шляхом відсікання частини Каховського водосховища греблею і має такі параметри: площа дзеркала – 8,2 км², об'єм – 47,05 млн м³, середня глибина – 5,87 м, максимальна глибина – 13,5 м. Середньомісячна температура охолодженої в ставку води в найспекотніший місяць року становить 28,7 °С, в зимові місяці – 17–18 °С.

За гідроекологічними критеріями оцінки вода у ставку-охолоджувачі належить до таких категорій якості [10, с. 387]: за критерієм мінералізації – як прісна, гіпогалинна належить до I класу, 1 категорії якості; за середньорічними критеріями водневого показника рН і розчиненого кисню – «добра», II класу, 3 категорії; за вмістом нітратів і належить до IV класу, 6 категорії «погана, брудна вода»; за критерієм перманганатної окислюваності якість води у водоймі-охолоджувачі належить до II класу, 2 категорії; рівні нафтопродуктів, свинцю і кадмію задовольняють II класу, 2 категорії якості «чиста» вода; значення усередненого хімічного індексу якості становить «2, 4», що характеризує воду водойми-охолоджувача Запорізької АЕС як «добру» і «чисту».

За особливостями морфології мушля *Melanoides tuberculata* має більш видовжену форму (рис. 1). Середня довжина мушлі *M. tuberculata* в наших дослідженнях становила $12,8\pm 4,16$ мм, у *T. granifera* була дещо менша – $10,8\pm 2,69$ мм. Середня маса обох видів моллюсків не мала суттєвих відмінностей: у *M. tuberculata* – $0,26\pm 0,02$ г, у *T. granifera* – $0,24\pm 0,07$ г.



Рис. 1. *Melanoides tuberculata* (зліва), *Tarebia granifera* (справа)

За даними інших авторів, при дослідженні популяцій моллюсків, відібраних із різних гідротехнічних споруд ЗАЕС (ставок-охолоджувач, підвідний канал, труби та градирні), середня довжина *M. tuberculata* дорівнювала $14,33\pm 6,12$ мм, коливаючись від 2 до 21 мм, а середня довжина *T. granifera* – $8,27\pm 2,83$ мм, коливаючись від 2 мм до 17 мм [9, с. 978]. Тобто спостерігались відмінності у лінійних розмірах моллюсків залежно від умов їх мешкання, проте за чисельністю та

біомасою *T. granifera* на всіх біотопах у 3–5 разів перевищувала *M. tuberculata*. Крім того, переважання молодшої вікової групи у *T. granifera* є підтвердженням, що популяція постійно поповнюється молодими екземплярами [11, с. 63].

Гістологічні дослідження двох близькоспоріднених видів моллюсків, які натуралізувались у ставку-охолоджувачі, показали такі особливості. На фотографії зябрових пелюстків *M. tuberculata* (рис. 2) добре помітні ядра (фіолетове забарвлення). Клітини епітелію прямокутної форми, добре виражені розвинені війки. У *T. granifera* ядра війчастого епітелію були помітно більшими і мали округлішу форму. Війки добре виражені. Епітелій зябер *T. granifera* більш щільний у порівнянні із зябрами *M. tuberculata*.

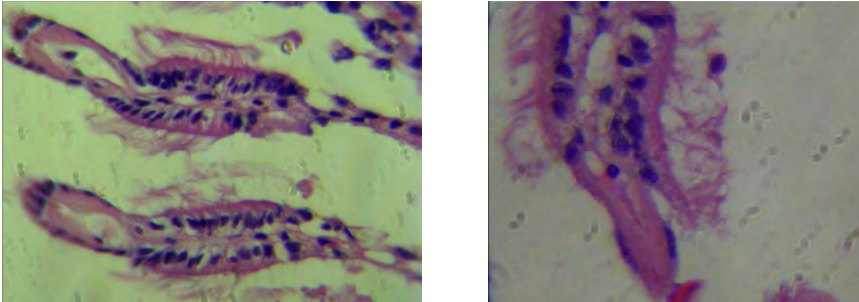


Рис. 2. Зяберні пелюстки *M. tuberculata* (зліва) та *T. granifera* (справа), зб. 40^x

За даними цитометрії, ширина зябрових пелюсток у *T. granifera* була більше і дорівнювала $54,9 \pm 4,32$ мкм, у *M. tuberculata* – $34,98 \pm 1,18$ мкм. Різниця між показниками сягала 36% і була вірогідною ($p \leq 0,05$).

Розміри ядер зябрового епітелію двох видів моллюсків також мали суттєві відмінності. Площа ядра зябрового епітелію у таревії була майже в 2,5 раза більша за площу ядер зябрового епітелію меланій і становила, відповідно, $58,0 \pm 1,72$ мкм² і $23,6 \pm 1,97$ мкм². Збільшена площа ядер вказує на те, що в клітинах відбуваються активні процеси синтезу білка.

При порівнянні структури м'язової тканини моллюсків заслуговує на увагу більша щільність і структурованість повздовжніх м'язових волокон у *T. granifera* (рис. 3). Під час аналізу ширини м'язових волокон виявлена вірогідна різниця ($p \leq 0,05$) між показниками обох видів моллюсків, яка становила 24%. Ширина повздовжніх м'язових волокон у *T. granifera* була більше і становила $17,8 \pm 1,02$ мкм, у *M. tuberculata* – $13,7 \pm 1,09$ мкм.

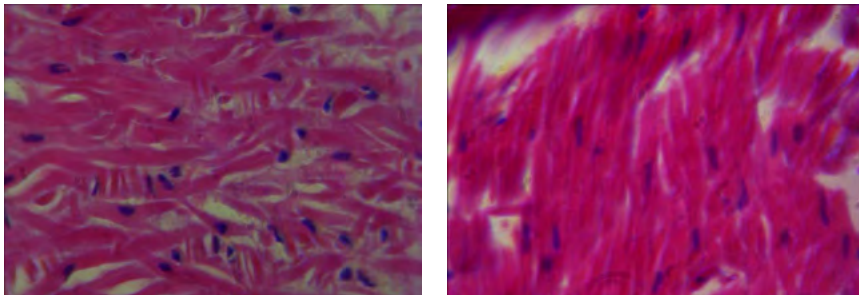


Рис. 3. Повздовжні м'язові волокна *M. tuberculata* (зліва) та *T. granifera* (справа), зб. 40^x

Дослідження площі зрізів поперечних м'язових волокон також підтверджує той факт, що м'язова тканина у *T. granifera* більш розвинена. За фактичними значеннями цей показник становив у *T. granifera* $245,0 \pm 52,33$ мкм², у *M. tuberculata* – $136,0 \pm 1,42$ мкм². Різниця в показниках сягала 45%.

Цікавими були дані щодо ширини епітеліального шару шлунково-кишкового тракту молюсків, оскільки вони свідчать про активність процесів травлення. У *T. granifera* ширина в'їчастого епітелію шлунка була майже вдвічі більшою і становила $63,1 \pm 2,34$ мкм, а у *M. tuberculata* – $34,5 \pm 0,91$ мкм. Різниця між показниками сягала 45% і була вірогідною за критерієм Ст'юдента ($p \leq 0,05$).

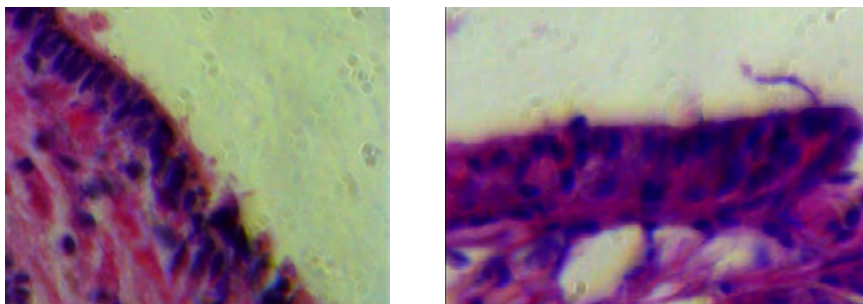


Рис. 4. Фрагменти в'їчастого епітелію шлунка *M. tuberculata* (зліва) та *T. granifera* (справа)

Під час порівняння площі епітеліальних клітин двох видів молюсків також були отримані статистично вірогідні значення. У *T. granifera* площа клітин епітеліального шару становила $110,0 \pm 2,51$ мкм², у *M. tuberculata* – $68,3 \pm 3,80$ мкм², різниця дорівнювала 38%. Отримані дані свідчать, що в організмі *T. granifera* процеси травлення протікають більш активно, що зумовлює її прискорений ріст та розмноження.

Висновки і пропозиції. Проведений порівняльний аналіз гістоструктури тканин та органів двох тропічних видів молюсків родини *Thiaridae* – *Melanoides tuberculata* та *Tarebia granifera* показав, що в умовах натуралізації в ставку-охолоджувачі Запорізької АЕС близькоспоріднені види молюсків мали статистично вірогідні відмінності по всіх цитометричних показниках.

Підвищені значення ширини зябрових пелюсток та площі ядер зябрового епітелію свідчать про більш розвинений дихальний апарат у *T. granifera* порівняно з *M. tuberculata*. Очевидно, що фізіологічний потенціал теребії дає їй краще пристосовуватись до напружених кисневих умов, які характерні для водоймоохолоджувачів у період високих літніх температур.

Для *T. granifera* була характерна більш розвинена м'язова тканина, на що вказували вірогідно збільшені показники ширини та площі м'язових волокон.

Цитометричні показники ширини в'їчастого епітелію шлунку та площі епітеліальних клітин шлунково-кишкового тракту свідчили про більш активний перебіг процесу травлення в організмі *T. granifera*. Тобто можна вважати, що цей вид молюсків добре адаптувався до умов живлення в ставку-охолоджувачі.

Таким чином, проведені дослідження показали, що *Tarebia granifera* за своїми фізіологічними особливостями має більший пристосувальний потенціал до умов навколишнього середовища порівняно з *Melanoides tuberculata*, що й зумовлює її чисельне переважання у біообростаннях. Отримані дані становлять інтерес для

вирішення проблеми обростань на гідротехнічних спорудах Запорізької АЕС, дають додаткову інформацію для розробки ефективних методів боротьби з біо-перешкодами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Звягинцев А.Ю. Обрастание морских систем технического водоснабжения и анализ методов защиты от обрастания в водоемах (аналитический обзор). Вода: химия и экология. 2015. № 1. С. 30–51.
2. Новоселова Т.Н., Протасов А.А. Фитопланктон водоемов-охладителей техно-экосистем атомных и тепловых электростанций (обзор). Гидробиологический журнал. 2014. Т. 50, № 6. С. 40–59.
3. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины. 2012. 274 с.
4. Протасов А.А., Силаева А.А. Сообщества беспозвоночных водоема-охладителя Чернобыльской АЭС. Гидробиологический журнал. 2006. Т. 42, № 1. С. 3–24.
5. Сон М.О. Моллюски-вселенцы на территории Украины: источники и направления инвазии. Рос. журнал биологических инвазий. 2009. № 2. С. 37–48.
6. Work K., Mills C. Rapid population growth countered high mortality in a demographic study of the invasive snail, *Melanooides tuberculata* (Müller, 1774), in Florida. Aquatic Invasions. 2013. Vol. 8. P. 417–425.
7. Слепнев А.Е., Силаева А.А. Онатурализации *Melanooides tuberculata* (Thiaridae, Gastropoda) в водоеме-охладителе Южно-Украинской АЭС. Вестник зоологии. 2013. № 47 (2). С. 178.
8. Климчук А. Біологічні особливості інвазійного виду гастропод *Melanooides tuberculata*: Abstr. VIII Intern. Conf. «Zoocenosis-2015. Biodiversity and Role of Animals in Ecosystems», Dnipro, 21–23.12. 2015. С. 78–79.
9. Yakovenko V., Fedonenko O., Klimenko O., Petrovsky O. Biological control of the invasive snail species *Melanooides tuberculata* and *Tarebia granifera* in Zaporizka Nuclear Power Plant cooling pond. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. №8 (1). P. 975–981.
10. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Під ред. В.Д. Романенко. 2006. К.: ЛОГОС. 408 с.
11. Яковенко В.А., Силаева А.А., Протасов А.А. Инвазивные брюхоногие моллюски в техноэкосистеме Запорожской АЭС. Ядерная энергетика та довкілля. 2018. № 1 (11). С. 61–65.