

Выводы

Таким образом, формирование анаэробных условий в водоемах замедленного водообмена происходит при совокупном воздействии выше перечисленных факторов, как абиотических, так и биотических. Влияние антропогенного фактора может быть значительным, однако до тех пор, пока водные массы интенсивно перемешиваются, кислородный баланс не всегда будет отрицательным. Поступление большого количества биогенных веществ в водоемы замедленного водообмена приводит к усилению роста высшей водной растительности, что, в свою очередь, способствует еще большему уменьшению скорости течения и значительному ухудшению кислородного режима вследствие как уменьшения газообмена с атмосферой, так и вторичного загрязнения при отмирании массы растений [4].

1. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. *Алекин О. А.* Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 270 с.
3. *Бреховских В. Ф.* Гидрофизические факторы формирования кислородного режима водоемов / В. Ф. Бреховских. – М.: Наука, 1988. – 168 с.
4. *Россолимо Л. Л.* Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора / Л. Л. Россолимо. – М.: Наука, 1977. – 144 с.

А.О.Морозова

Інститут гідробіології НАН України, Київ

АБИОТИЧНІ ФАКТОРИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ РЕЖИМУ І ДИНАМІКИ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН В ЗАМКНУТИХ ВОДОЙМАХ

Розглянуто вплив деяких абіотичних факторів водного середовища на формування режиму і динаміки біогенних речовин лімнічних екосистем.

Ключові слова: гідрологічні умови, температура води, стратифікація, розчинений кисень, біогенні речовини

A.A. Morozova

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

AQUATIC ENVIRONMENT ABIOTIC FACTORS AND THEIR ROLE AT THE FORMATION OF REGIME AND DYNAMIC OF NUTRIENTS IN ENCLOSED POUNDS

The paper presents the results of researches of the formation of the regime and nutrient dynamics in the Lake ecosystem urbanized areas (Kitaevo ponds) by abiotic factors of the aquatic environment.

Keywords: hydrological conditions, water temperature, stratification, dissolved oxygen, nutrients

УДК [594,38: 595,122: 574,5]

Л. В. МУЗИКА, Г. Є. КИРИЧУК

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир, 10008, Україна

ВПЛИВ ТРЕМАТОДНОЇ ІНВАЗІЇ НА ВМІСТ КАРОТИНОЇДНИХ ПІГМЕНТІВ В ОРГАНІЗМІ *LYMNAEA STAGNALIS*

Розглянуто вплив трематодної інвазії на вміст β -каротину та ксантофілів у гемолімфі, гепатопанкреасі, мантії та нозі *Lymnaea stagnalis*. Вивчено зміни досліджуваних пігментів за дії трематодної інвазії в залежності від тривалості експозиції (2 та 7 діб). Встановлено достовірну кореляційну залежність між масою органу (тканини) та показниками кількісного вмісту у ньому каротиноїдів.

Ключові слова: прісноводні молюски, β -каротин, ксантофіли, трематодна інвазія, антиоксидантна система, метаболічна адаптація.

Розвиток у тканинах-мішенях хазяїна паразита призводить до утворення ендобіотиків хазяїна і метаболітів паразита, що спричиняють порушення обмінних процесів і активації компенсаторних механізмів організму хазяїна, які мають прояв на різних рівнях біологічної організації [1]. Молекулярні адаптації, що сприяють спільному існуванню паразита і його хазяїна, включають захисні системи обох організмів, діяльність яких направлена на знешкодження токсичних метаболітів. Відомо, що головну роль у захисних реакціях у відповідь на зараження трематодами відіграють клітинні реакції ектотермних організмів, ключова роль в яких належить клітинам гемолімфи – гемоцитам [2]. Однак, окрім імунної системи, в протидії паразиту бере участь і антиоксидантна система, котра захищає організм хазяїна від окислювального стресу. Встановлено, що ефективність системи антиоксидантного захисту гідробіонтів визначається не лише активністю спеціалізованих ферментів, але і неспецифічною ланкою, в якій одна із ключових ролей належить каротиноїдам [8]. Однак дослідження впливу трематодної інвазії на вміст каротиноїдних пігментів у тканинах та органах молюсків малочисельні та фрагментарні, у зв'язку з чим і є актуальні.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкт дослідження – 45 екз. *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), зібраних у квітні 2014 р. (р. Тетерів, м. Житомир). Тривалість аклімації – 2 і 7 діб. Тварин утримували у дехлорованій відстоюваній протягом доби водопровідній воді (рН=7,3–7,7; t=18–20 С). З метою запобігання впливу на піддослідних тварин власних екзометаболітів, в акваріумах щодня змінювали воду на свіжу тієї ж якості. Для підгодівлі молюсків використовували листя мацерованої капусти. Висоту та ширину черепашки визначали штангенциркулем. Масу тіла, тканин (органів) вимірювали на електронних масах (WPS 1200) з точністю до 0,01 г. Для дослідження використані гепатопанкреас, мантия, нога та гемолімфа (отримана методом повного знекровлення молюсків безпосередньо перед дослідженням [3]). З тканин гепатопанкреасу виготовляли тимчасові препарати для визначення видової приналежності трематод [4]. *L. stagnalis* заражені редіями та метацеркаріями *Echinoparyphium aconiatum* Dietz, 1909. Контрольною групою слугували неінвазовані особини. Для визначення вмісту каротиноїдів зразки тканин і органів гомогенізували та проводили екстракцію гексаном (1:4). Сумарний вміст каротиноїдів визначали за методикою [9]. Всього виконано 360 біохімічних аналізів. Статистичну обробку матеріалу зроблено з використанням комп'ютерних програм STATISTICA 6.0.

Результати дослідження та їх обговорення

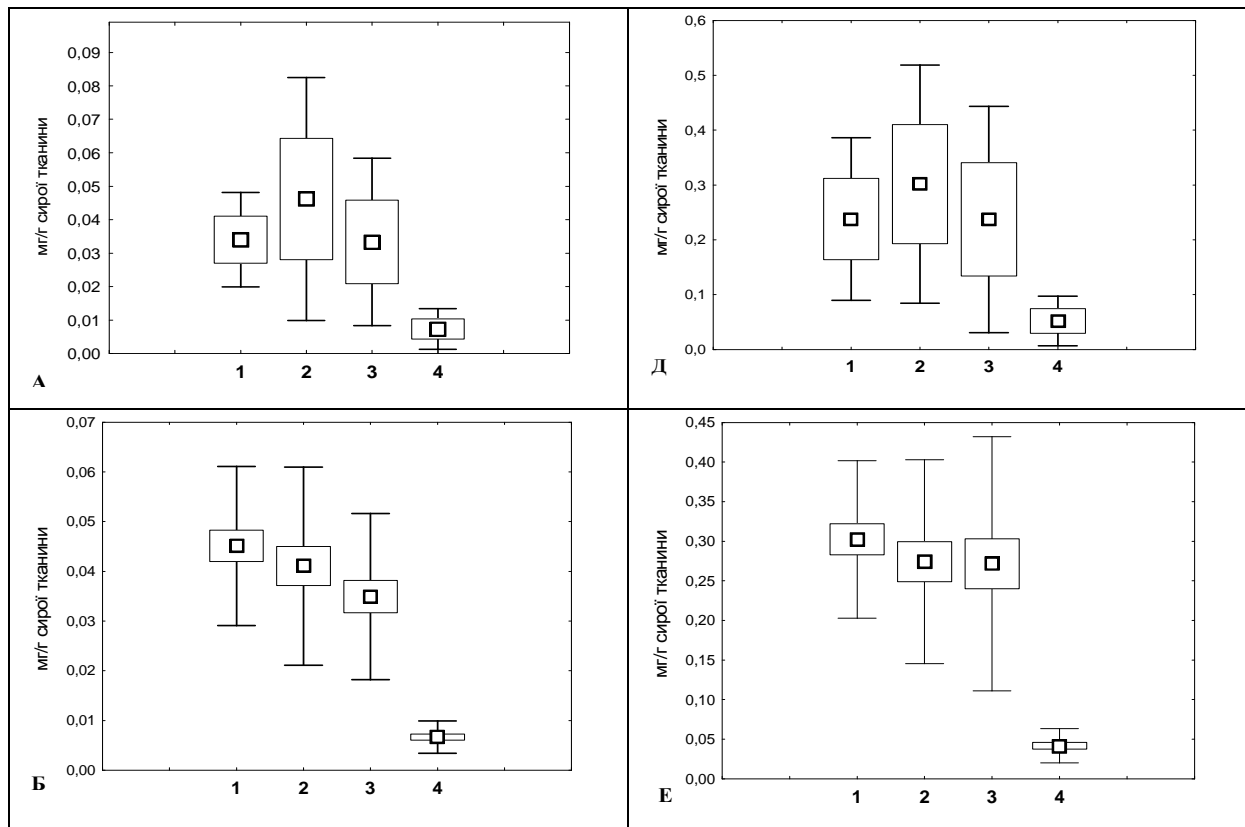
Відомо, що вторгнення паразита в організм хазяїна, виділення метаболітів та внесення інфекції посилюють процеси вільнорадикального окислення, що є потужними чинниками, котрі модулюють активність їх антиоксидантної системи (АОС) [5]. Важливою ланкою неспецифічної АОС організму молюсків виступають каротиноїдні пігменти, які, як відомо, здатні нейтралізувати активні форми кисню, високоефективно перехоплювати синглетний кисень, підтримуючи необхідний рівень окислювальних процесів у тканинах та забезпечуючи регуляцію протиінфекційної відповіді молюсків, напрямленої на знешкодження негативного впливу, знищення токсичних метаболітів та підтримання функціонування інвазованих органів [5, 8].

Нами встановлено, що при експозиції 2 доби не виявлено статистично достовірних відмінностей щодо вмісту β -каротину між зараженими і вільними від інвазії тваринами у гемолімфі, мантиї та нозі, що, ймовірно, пов'язано із невисокою екстенсивністю зараження (ЕІ) (13%) та порівняно невисокою інтенсивністю (2–10 вогнищ паразитарного ураження гепатопанкреасу площею кожне до 1,5–2,0*2,0–2,5 мм) зараження *L. stagnalis*. Відомо [3], що причиною низької ЕІ молюсків може виступати високий рівень їх імунітету. Відсутність таких відмінностей в гемолімфі *L. stagnalis* в умовах низької інтенсивності інвазії підтверджено і іншими дослідженнями [3]. Щодо гепатопанкреасу, то зареєстровано статистично достовірну різницю між показниками вмісту β -каротину ($P = 99,09$) у інтактних та інвазованих *L. stagnalis*. Така закономірність, ймовірно, можлива при інтенсивному

використанні даних пігментів паразитами, оскільки відомо, що личинки та партеніти трематод споживають суттєву частину резервів хазяїна [3].

При збільшенні часу експозиції (7 діб) спостерігається тенденція до підвищення концентрації β -каротину в інвазованих особин у гемолімфі на 45,39%, у мантиї на 34,38% та у нозі – на 42,34% (рис.). Таке збільшення концентрації обговорюваного показника зумовлено зміною показників EI (до 67%) та запуском компенсаторних механізмів на викликаний паразитом окислювальний стрес, оскільки каротиноїди володіють антиоксидантними властивостями [8, 7]. Зазначимо, що дещо вибивається з даної тенденції гепатопанкреас, у якому показники вмісту β -каротину у заражених та інтактних особин лежать в одному діапазоні значень (статистично достовірної різниці не відмічено). Ймовірно, що діяльність гепатопанкреасу у *L. stagnalis* за слабкої інтенсивності інвазії не порушується і він здійснює притаманні йому функції – біосинтетичну, секреторну, екскреторну і детоксикаційну [3].

Що стосується ксантофілів, то нами встановлено, що за експозиції 2 доби показники їх вмісту у інвазованих особин знаходяться на рівні показників контрольної групи (виняток склав гепатопанкреас, у якому вміст обговорюваних сполук у заражених тварин нижчий на 42,13%). Збільшення тривалості експозиції від 2 до 7 діб призводить до зниження вмісту ксантофілів у інвазованих *L. stagnalis* в гемолімфі – на 13,56% та у мантиї – на 18,02%. Однак, у інвазованих ставковиків зафіксовано зростання вмісту ксантофілів у гепатопанкреасі в 1,49 рази та у нозі в 1,36 рази в порівнянні з інтактними особинами. Відомо [5], що ферментні системи паразитів викликають розрідження мембран клітин зараженого органу для отримання поживних речовин, у зв'язку з чим у гепатопанкреасі проміжного хазяїна активується компенсаторна реакція у вигляді модифікації каротиноїдного складу, направлена на відновлення фізичного стану мембран, який був до дії паразитарного чинника. Це зумовлено одним із регуляторних ефектів даних сполук, який полягає в їх здатності вбудовуватися в мембранні фосфоліпідно-білкові структури та змінювати плинність мембран у рідкокристалічному стані [5].



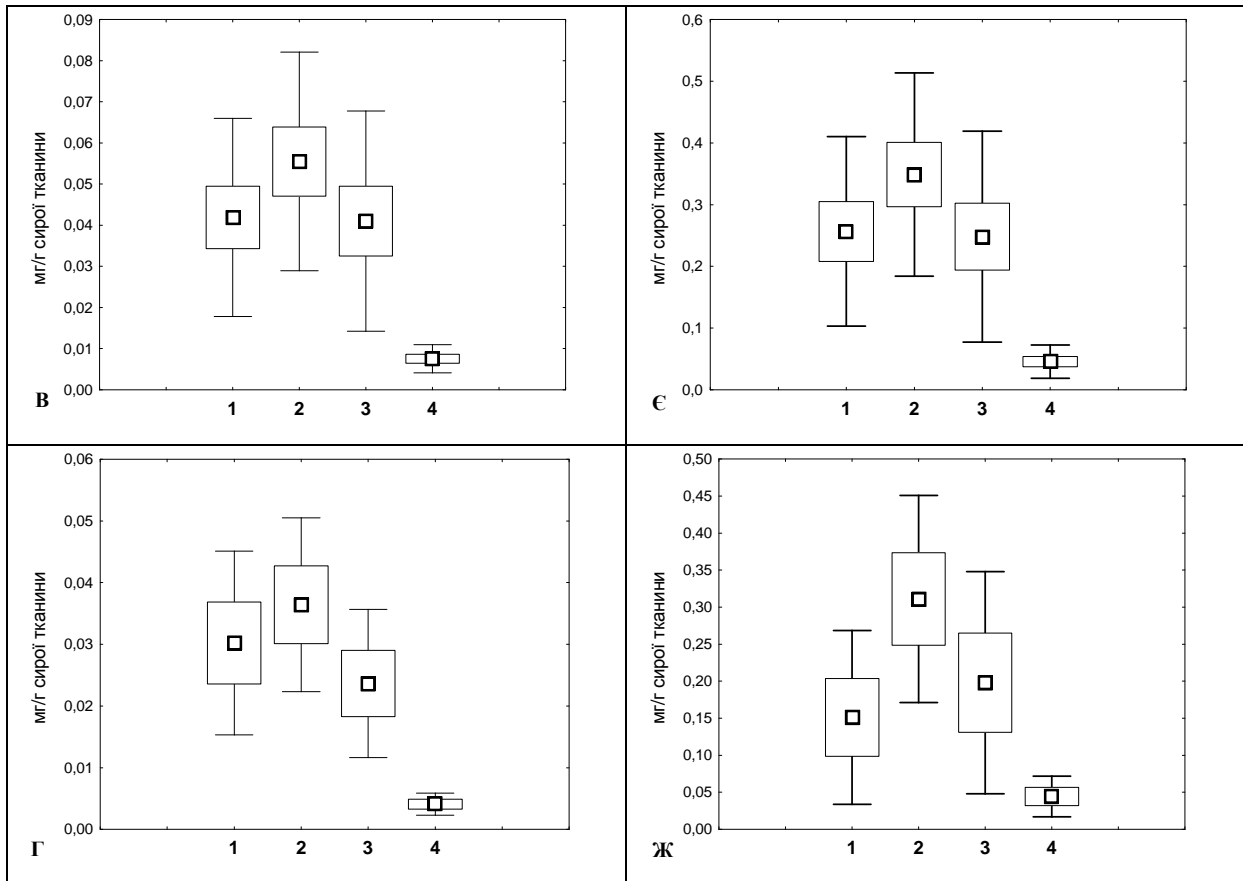


Рис. Тканинно-органний розподіл каротиноїдних пігментів в *L. stagnalis*: 1 - гепатопанкреас; 2 – мантия; 3 – нога; 4 – гемолімфа, Mean±SE±SD

вміст β-каротину у:

- A* – інвазованих особин (експозиція 2 доби);
B – неінвазованих особин (експозиція 2 доби);
B – інвазованих особин (експозиція 7 діб);
G – неінвазованих особин (експозиція 7 діб);

вміст ксантофілів у:

- D* – інвазованих особин (експозиція 2 доби);
E – неінвазованих особин (експозиція 2 доби);
E – інвазованих особин (експозиція 7 діб);
Z – неінвазованих особин (експозиція 7 діб);

Дослідження залежності між морфометричними параметрами молюсків (діаметр та висота черепашки), масою тіла та вмістом β-каротину та ксантофілів показало, що незалежно від тривалості експозиції у неінвазованих *L. stagnalis* існує статистично достовірний негативний кореляційний зв'язок між масою органу (тканини) та вмістом у ньому як β-каротину, так і ксантофілів (від -0,58 до -0,96). Однак, не відмічено статистично достовірного зв'язку між загальною масою тварин та вмістом β-каротину та ксантофілів у молюсків як інвазованих, так і інтактних незалежно від експозиції експерименту. Що ж стосується кореляційного зв'язку між вмістом обговорюваних пігментів в організмі молюсків та його морфометричними показниками, то чіткої закономірності не встановлено.

Висновки

1. Підвищення вмісту каротиноїдних пігментів виступає адаптивною відповіддю проміжного хазяїна, направленою на підтримку функціонування організму в умовах трематодної інвазії.
2. У інвазованих тварин незалежно від тривалості експозиції максимальні показники вмісту як β-каротину, так і ксантофілів зафіксовано у мантиї, мінімальні – у гемолімфі. У інтактних тварин (експозиція 7 діб), найвищі показники зареєстровані у мантиї, найнижчі – у гемолімфі. При експозиції 2 доби відмічено такий розподіл: найвищі показники вмісту β-каротину, у цієї ж групи тварин, характерні для

- гепатопанкреасу, а ксантофілів – для ноги. Найменшими значеннями вмісту як β -каротину, так і ксантофілів характеризувалась гемолімфа *L. stagnalis*.
3. Для гепатопанкреасу встановлено статистично достовірну різницю між інвазованими та інтактними особинами для вмісту β -каротину та ксантофілів.
 4. При різній тривалості експозиції зареєстровано статистично достовірний негативний кореляційний зв'язок у організмі неінвазованих *L. stagnalis* між показниками маси досліджених органів (тканин) та вмістом у них β -каротину та ксантофілів.
1. *Активность антиоксидантов* в гемолимфе моллюсков *Lymnaea stagnalis*, зараженных трематодами / Я. Л. Воронцова, И. А. Слепнёва, Н. И. Юрлова, В. В. Глухов // Паразитология в изменяющемся мире. – Новосибирск: Гарамонд, 2013. – С. 50.
 2. *Атаев Г. Л.* Защитные реакции моллюсков семейства Planorbidae (Gastropoda, Pulmonata) на трематодную инвазию / Г. Л. Атаев, Е. Е. Прохорова // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2010. – № 122. – С. 91–107.
 3. *Влияние сульфата меди* на содержание каротиноидов в гемолимфе прудовика озерного (Mollusca: Pulmonata: Lymnaeidae) в норме и при инвазии его партенитами трематод / А. П. Стадниченко [и др.] // Вісн. Житом. пед. ун-ту. – 2002. – № 10. – С. 197–201.
 4. *Здун В. І.* Личинки трематод в прісноводних моллюсках України / В. І. Здун. – К.: Вид-во АН УРСР, 1961. – 141 с.
 5. *Изменение липидного состава* печени налима *Lota lota* (L.) при инвазии плероцеркоидами *Triaenophorus nodulosus* / [Васильева О. Б. и др.]. // Совр. пробл. физиол. и биохим. водных организмов. – 2010. – С. 20–24.
 6. *Карнаухов В. Н.* Биологические функции каротиноидов / В. Н. Карнаухов; отв. ред. Э. А. Бурштейн. – М.: Наука, 1988. – 241 с.
 7. *Руднева И. И.* Роль молекулярных систем в защитных реакциях рыб, зараженных паразитами / И. И. Руднева, А. В. Завьялов, Е. Н. Скуратовская // Риб. госп-во України. – 2010. – № 1. – С. 2–6.
 8. *Содержание каротиноидов* и состояние антиоксидантного ферментативного комплекса тканей у двустворчатого моллюска *Anadara inaequalis* Br. / [О. Л. Гостюхина, А. А. Солдатов, И. В. Головина, А. В. Бородина] // Ж. еволюц. биох. физиол. – 2012. – Т. 48, № 6. – С. 542–546.
 9. *Taylor S. L.* Sensitive fluorometric method for tissue tocopherol analysis / S. L. Taylor, M. P. Lambden, A. L. Tappel // Lipids. – 1976. – Vol. 11, № 7. – P. 530–538.

Л. В. Музыка, Г. Е. Киричук

Житомирский государственный университет имени Ивана Франко, Украина

ВЛИЯНИЕ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ *LYMNAEA STAGNALIS*

Рассмотрено влияние трематодной инвазии на содержание β -каротина и ксантофиллов в гемолимфе, гепатопанкреасе, мантии и ноге *Lymnaea stagnalis*. Изучены изменения исследуемых пигментов у инвазированных моллюсков в зависимости от времени акклимации (2 и 7 суток). Установлена достоверная корреляционная зависимость между массой органа (ткани) и показателями количественного содержания в нем каротиноидов.

Ключевые слова: пресноводные моллюски, β -каротин, ксантофиллы, трематодная инвазия, антиоксидантная система, метаболическая адаптация.

L.V. Muzyka, G.Ye. Kyrychuk

Ivan Franko Zhytomyr State University, Ukraine

THE INFLUENCE OF TREMATODE INVASION ON CAROTENOID PIGMENT CONTENT IN *LYMNAEA STAGNALIS* ORGANISM

The influence of trematode invasion on β -carotene and xanthophylls content in *Lymnaea stagnalis* haemolymph, hepatopancreas, mantle and foot is investigated. Changes in these pigment content under trematode invasion in dependence on exposition (2 and 7 days) are revealed. Statistically

significant correlation between the organ (tissue) weight and carotenoid quantitative content is established.

Keywords: freshwater mollusks, β -carotene, xanthophyll, trematode invasion, antioxidant system, metabolic adaptation.

УДК 504.455.05:574.583(477.82)

К. НАЗРУК, І. ХАМАР

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна

ДОБОВА ВЕРТИКАЛЬНА ДИНАМІКА ЗООПЛАНКТОНУ В ОЗЕРІ ПІСОЧНЕ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Встановлено добову вертикальну динаміку зоопланктону в озері Пісочне. Вертикальний розподіл зоопланктону в озері нерівномірний. Відзначено відмінності в розподілі зоопланктерів у поверхневих та глибинних шарах як за чисельністю, так і за біомасою. Виявлені закономірності потрібно враховувати під час відбору гідробіологічних проб.

Ключові слова: зоопланктон, озеро, добова динаміка, вертикальний розподіл, Шацький національний природний парк, водойма

Життєвий цикл планктонних ракоподібних у прісноводних водоймах проходить при мінливих умовах навколишнього середовища. Одним із механізмів пристосування зоопланктерів до нових абіотичних та біотичних умов є міграційна поведінка [3]. Вертикальне переміщення ракоподібних зумовлено, перш за все, необхідністю добування їжі та униканням контактів з хижаками. Сигнальним фактором, який регулює добові міграції, також є освітлення [1].

Матеріал і методи досліджень

Озеро Пісочне Шацького національного природного парку належить до типу успадкованих котловин у крейдяній поверхні, ускладненій карстом, з площею водного дзеркала 189 га, середня глибина становить 7,7 м, максимальна – понад 16 м. У водоймі є лійкоподібне ложе з різними за крутизною схилами; малозаростаючі піщані береги, щільне дно. Вода прозора (до 4 м). Пісочне має замкнений лісовий водозбір, на якому формується головний ґрунтовий потік до озера. Водопостачання здійснюється глибинними джерельними, ґрунтовими та підземними водами. Витрата води з озера обумовлена, в основному, випаровуванням, оскільки поверхневого та підземного стоку немає. Дуже слабкий водообмін зумовлює те, що зміна води відбувається за період близько 9 років, через що озеро дуже вразливе до будь-яких антропогенних дій. Перемішування водних мас по глибині буває лише двічі на рік, як результат температурної конвекції. У період літньої стагнації водна товща розділена на 3 зони. Верхній шар води постійно перемішується, температура у ньому вирівнюється. Потужність цього шару становить 10-12 м, коливаючись в середньому в межах 2–6 м. Нижче шару перемішування сформований термоклин [2].

Метою дослідження було виявлення добової вертикальної динаміки зоопланктону озера Пісочне. Відбір проб проводили 29-30 червня 2009 р. з періодичністю 3 год. Температура повітря – 27°C, безхмарно, швидкість вітру 1 м/с. Матеріал було відібрано з поверхні водойми методом зачерпування та з глибини 6 м батометром Рутнера. У місці відбору це була максимальна глибина. Проби фіксували 4% розчином формаліну. Обробку матеріалу проводили згідно з загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень та їх обговорення

Загалом за добу було зареєстровано 23 види зоопланктерів у відсотковому співвідношенні основних груп Cladocera (Cl) : Copepoda (Co) : Rotatoria (Ro) – 61% : 22% : 17%. Це становить майже 30 % від встановленого видового складу зоопланктерів [5].