

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства та екології
Кафедра біоресурсів, аквакультури та природничих наук

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Бондар Олексій Андрійович

УДК 595.384.16:591.492

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЕКОЛОГО-САНІТАРНА ОЦІНКА ЯКОСТІ І БЕЗПЕКИ РІЧКОВИХ РАКІВ
ВОДОЙМ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

207 Водні біоресурси та аквакультура

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

О.А. Бондар
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Іщук Оксана Василівна
доцент, к.с.-г.н

Житомир - 2023

АННОТАЦІЯ

Бондар О.А. Еколого-санітарна оцінка якості і безпеки річкових раків водойм Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 207 – водні біоресурси та аквакультура. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Зміст анотації: Кваліфікаційна робота містить 33 сторінки. Список використаних джерел налічує 20 позицій.

Об'єктом дослідження є еколого-санітарна оцінки якості і безпеки річкових раків.

Мета дослідження полягала у вивченні сезонних, розмірно-вікових і статевих особливостей мікроелементного складу довгопалого рака, як перспективного об'єкту прісноводної аквакультури, в біогеохімічних умовах річки Тетерів.

В Розділі 1 наведено аналітичний огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи; в Розділі 2 – програма, методика та умови проведення дослідження; в Розділі 3 – представлені результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: річкові раки, хітиновий покрив, мікроелементний склад, аквакультура.

ABSTRACT

Bondar O.A. Ecological and sanitary assessment of the quality and safety of crayfish in reservoirs of the Zhytomyr region. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 207 - water bioresources and aquaculture. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

Content of the abstract: The qualification paper contains 33 pages. The list of used sources includes 20 positions.

The object of the study is ecological and sanitary assessment of the quality and safety of river crayfish.

The purpose of the study was to study the seasonal, size-age and sex characteristics of the microelement composition of long-finned crayfish, as a promising object of freshwater aquaculture, in the biogeochemical conditions of the Teteriv River.

Chapter 1 provides an analytical review of the literature on the topic of qualification work; in Section 2 – the program, methodology and conditions of the research; Section 3 presents the results of experimental studies.

Key words: river crayfish, chitinous cover, trace element composition, aquaculture.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ I. БІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЧКОВИХ РАКІВ (огляд літератури).....	8
1.1. Біологічні особливості річкового рака.....	8
1.2. Харчова цінність і хімічний склад річкового рака.....	11
Розділ II. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
2.1. Програма досліджень.....	12
2.2. Методика проведення досліджень.....	12
2.3. Умови проведення дослідження.....	13
Розділ III. ЕКОЛОГО-САНІТАРНА ОЦІНКА ЯКОСТІ І БЕЗПЕКИ РІЧКОВИХ РАКІВ ВОДОЙМ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	14
3.1. Морфометричні характеристики популяції річкового рака в природних умовах існування.....	14
3.2. Біогеохімічні умови біоценозу річкового рака.....	15
3.3. Динаміка накопичення досліджуваних компонентів в залежності від розмірів, статевої належності і сезону року.....	17
ВИСНОВКИ.....	29
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	31
СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32

ВСТУП

Актуальність дослідження. Успішне існування популяцій забезпечується відносною сталістю середовища існування, як разом із сталістю внутрішнього середовища організму забезпечує гомеостаз біоценозів і біосфери в цілому. Підтримання гомеостазу відбувається через організми, які беруть участь в біогеохімічних циклах, підтримують динамічну сталість середовища існування.

Одним із компонентів середовища, що суттєво впливає на біоту, є мікроелементи – хімічні елементи, які містяться в організмах в низьких концентраціях. Їх поділяють за біологічними функціями на життєво важливі, корисні, пасивні та токсичні. В свою чергу, їх можна розділити на есенціальні і умовно-есенціальні.

Поширення металів в компонентах біогеоценозів визначається не лише геохімією середовища, а й величезною роллю живих організмів, які утилізують метали, і таким чином, роблять їх більш біодоступними, залучаючи тим самим їх в трофічний кругообіг. Впродовж еволюції біосфери утворилися стійкі фонові рівні вмісту хімічних елементів в абіотичних і біотичних компонентах середовища, до якого живі організми більш або менш адаптовані. Живі організми самі створюють свій хімічний елементарний склад, що є їх видовою ознакою і, який залишається незмінним в певних межах.

Актуальність теми пов'язана з необхідністю вивчити мікроелементний склад водних організмів і отримання сучасної інформації про рівні вмісту деяких елементів в промислових безхребетних, а також сприяє збереженню біорізноманіття гідробіонтів в природних водоймах. Встановлений мікроелементний склад промислового річкового рака і компонентів абіотичного середовища, характерний для природних умов існування даного виду гідробіонтів, може бути нормою під час штучного розведення річкового рака в якості об'єкта аквакультури.

Річкові раки – одні з найкрупніших безхребетних тварин, які мешкають в різних прісноводних водоймах. Вони займають одне із важливих місць в бентосних угрупованнях. Споживаючи широкий спектр їжі – від макрофітів і детриту до

безхребетних – і, не виключено, іноді і хребетних, раки впливають суттєво на бентосні угруповання, на потік енергії і речовин в екосистемі в цілому. Запаси раків в природних водоймах всюди скорочуються, і в найближчому майбутньому значного росту запасів раків в природних водоймах не очікується.

Щоб підвищити запаси річкового рака в природних водоймах, необхідно проведення бітехнічних заходів в річках і водосховищах і штучне розведення в ставках. Технології штучного розведення річкових раків стримуються недостатнім рівнем вивчення біології і адаптивних можливостей цих гідробіонтів. Для ракоподібних визначені такі стрес-фактори: коливання температури, нестача кисню, щільність посадки, хімічний склад води і ґрунтів. Ці фактори викликають зміни внутрішнього середовища організму тварини. Проте механічний вплив цих факторів на організм річкових раків залишається невивченим, невідомими є особливості метаболізму раків, не розроблено поняття «фізіологічна норма».

Об'єкт дослідження - еколого-санітарна оцінки якості і безпеки річкових раків.

Предмет дослідження – річкові раки.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягала у вивченні сезонних, розмірно-вікових і статевих особливостей мікроелементного складу довгопалого рака, як перспективного об'єкту прісноводної аквакультури, в біогеохімічних умовах річки Тетерів. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- вивчити морфометричні характеристики популяції річкового рака в природних умовах існування;
- встановити біогеохімічні умови біоценозу річкового рака;
- визначити рівні вмісту цинку, міді, марганцю, кобальту, свинцю і нікелю в річці Тетерів;
- проаналізувати динаміку накопичення досліджуваних компонентів в залежності від розмірів, статевої належності і сезону року;
- вияснити особливості розподілу елементів в організмі річкового рака.

Наукова новизна. Вперше проведений аналіз розподілу ряду мікроелементів в організмі річкового рака, виявлені особливості накопичення і міжорганного

розподілу мікроелементів в організмі річкових раків річки Тетерів, встановлені сезонні, розмірно-вікові і статеві відмінності у розподілі і накопиченні досліджуваних металів. Проведені дослідження, направлені на вивчення утилізаційних здібностей відносно металів річкових раків річки Тетерів, дозволили виявити кількісний вміст мікроелементів в біоті материнської водойми річкового рака і в організмі даного гідробінту і роль окремих мікроелементів у фізіологічних процесах органів і тканин річкового рака: цинку в м'язах клешні і черевця; умовно есенціальних елементів в хітиновому покриві.

Публікації. За темою кваліфікаційної роботи опубліковані тези:

1. Бондар О.А. Морфометричні характеристики річкового рака в природних умовах.
2. Секретарьов Є.О., Бондар О.А., особливості онтогенезу гігантської прісноводної креветки.
3. Шатковський О.В. Технологічні аспекти вирощування сома звичайного.

Структура та зміст роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 33 сторінках і складається зі вступу, аналітичного огляду літератури, програми, методики та умов проведення дослідження, висновків, списку інформаційних джерел, що налічує 20 позицій.

РОЗДІЛ 1

БІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЧКОВИХ РАКІВ

(огляд літератури)

1.1. Біологічні особливості річкового рака

Рід європейських раків представлений в Україні двома видами: широкопалім і довгопалім, які поширені майже по всій Європі. Більше поширення має довгопалій, або вузькопалій рак. Клепні в цього виду тонші і довші, ніж у широкопалого рака, вони містять менше м'яса. Тіло рака вкрите панциром з твердої вапнякової шкаралупи (зовнішній скелет) [1, 6, 18].

За плодючістю самки довгопалого рака набагато перевищують самок широкопалого. Так, абсолютна плодючість самок довгопалого рака становить 276 ікринок, робоча – 193 ікринки [1].

Річкові раки в природних умовах мешкають в тихій проточній воді, оселяючись в річках, протоках, каналах, струмках, а також в озерах і проточних ставках з тінистим узбережжям, ховаються в нірках, під корчами або корінням великих дерев. Дихають вони зябрами, проте у сильно зволоженій атмосфері можуть дихати повітрям. Річкові раки дуже вимогливі до якості води і при її забрудненні або цвітінні покидають таку водойму і переселяються в ту, де знаходять сприятливі умови [1, 8, 9, 12, 16].

Особливо річкові раки вимогливі до вмісту у воді кисню, який має бути в межах 5,4 – 9,2 мг/л. вони погано витримують кисле середовище, тому концентрація водневих іонів у воді має бути нейтральною або слабколужною (рН 7-9). Оптимальна температура води в період росту і розмноження річкових раків +17...+18⁰С, хоча адаптивні можливості дорослих більш ширші: +4...+28⁰С. Погіршення якості води у водоймі в зимовий період призводить до повної загибелі популяції річкових раків. Тому при розведенні цих тварин в присадибних господарствах необхідно дуже обережно відноситися до якості води, яка надходить у водойму, особливо на берегах яких знаходяться дачі та села [19, 20].

Довгопалі раки активні впродовж всього року. Вони частіше живуть на м'яких, глинистих ґрунтах і ховаються в норі, вириті в обривах річок.

Линяння раків відбувається 1-2 рази на рік у дорослих особин, а в молоді кожного разу під час росту і розвитку. Строк настання линяння різний і залежить від місцевості в якій мешкають раки. Перше линяння річкових раків настає наприкінці травня-червня [2, 3, 4].

Річкові раки активні вночі. Вдень вони ховаються. З настанням сутінок рак виходить зі сховища на полювання в пошуках їжі. Зазвичай він пересувається по дну водойми і дуже зрідка плаває. Іноді в пошуках їжі виходить на берег.

Раки мають гарний нюх і зір. Вони розрізняють запахи на значній відстані як у воді, так і на суші. Побачивши будь-який предмет червоного кольору, який кинула людина на дно річки, вони повзуть до нього з усіх боків, приймаючи його за шматок м'яса. Затхлу рибу річкові раки виявляють з більш далекої відстані, ніж свіжу, яку виявляють по кольору [4, 17].

Життя раків залежить від навколишнього середовища, їжі у водоймі. Ці фактори впливають на їх розподіл в просторі, міграції і кочівлі в інші водойми, темпи розмноження і міжвидові стосунки [5, 8, 15].

Річкові раки відносяться до всеїдних тварин і харчуються тими кормами, які трапляються частіше. З рослин найбільшу роль в харчуванні європейських видів раків відіграють вищі водні і навколоводні рослини, багаті на вапно: жабурники, елодея, деякі види рдесників і харові види. Частота траплення харових у шлунках довгопалого рака 14-70%. Будова ротового апарату дозволяє річковим ракам використовувати поряд з м'якими рослинами і жорсткі. Вони охоче поїдають стебла і кореневища тростини, рогозу, осоки. Їх добовий раціон становить приблизно 2,5% від живої ваги рака. Ворогами рака в природі є хижі риби (щука, окунь, судак і сом), голінасті птахи, водяні щурі і лисиці [8, 11, 13, 14].

Проте в харчових ланцюгах річкові раки не лише є об'єктом харчування для хижих тварин, а самі поїдають тваринну їжу: дрібних равликів, червів, личинок комах, пуголовків і зрідка невеликих риб. Харчовий спектр рака змінюється від його віку. Личинки, наприклад довгопалого рака споживають до 70-80% тваринної їжі. Цьоголітки довжиною 1,2 – 2 мм живляться дафніями (59%), хірономідами (25%). По мірі росту частка дафній зменшується до 50%, у віці двох років дафнії взагалі відсутні.

Молодь усіх різномірних груп живиться хірономідами (24-25%). Цьоголітки при досягненні довжини 2 см живиться комахами (18-45%) та їх личинками. По мірі росту зростає споживання бокоплавів, з 5% у цьоголіток, до 63% у молоді довжиною 8-10 см. Молюски з'являються в раціоні цьоголіток, коли їх довжина сягає 3 см, а риби – при довжині цьоголіток 4 см [18, 19].

З настанням весни відбувається розмноження річкових раків. Самці і самки порівняно легко розрізняються. Самець дещо крупніший від самки, статеві отвори знаходяться в різних місцях: у самця – в основі п'ятої пари ніг, у самки – в основі третьої пари ніг. Нижче ніг у річкових раків знаходяться черевні ніжки: у самця перші дві пари розвинені найбільш сильно і направлені до голови, в самки ці ніжки або відсутні, або мають вигляд тонких придатків. Плесо у самця є вужчим ніж у самок.

Запліднення ікри у річкових раків відбувається всередині тіла рака. Запліднена самка уходить від самця дуже потріпаною, тому іноді гине і ікра пропадає. Самець може запліднити 2-3 самки, тому також сильно виснажується і від голоду може зїсти останню самку. Необхідно щоб у водоймах було співвідношення між самцями і самками 1:3 [4].

Через 3-4 тижні після спарювання самки відкладають ікру, випускаючи її через статевий отвір, яка відразу приклеюється під плесом до псевдоніжок і залишається там до вилуплення личинок. Ікра потребує постійного промивання водою, заагаченою киснем, тому самка постійно гонить воду під плесом. Часто ікра гине. Окрім того, ікра часто пошкоджується безхребетними дрібними – водяними скорпіонами, жуками. Самка постійно промиває ікру, чистить її від бруду, водоростей і плісняви. Вилуплюється не більше 60 личинок [1, 4].

Довжина одноденних раків 1-1,5 мм. Перший час вони залишаються прикріпленими під плесом у самки. Через 1-2 тижні плавають поблизу самки. Лише у віці 1,5-2 місяці личинки покидають назавжди самку.

Ростуть личинки повільно і до осені досягають 2,5-3 см довжини. До кінця другого року життя молоді раки виростають до 6 см, додаючи щороку по 1 см. У 10-річному віці вони досягають довжини 9-10 см. На третьому році життя раки стають статевозрілими, в цьому віці маса десяти раків становить 0,5 кг [2, 13, 14].

1.2. Харчова цінність і хімічний склад річкового рака

У промислі безхребетних особливе значення мають ракоподібні, у тому числі раки. М'ясо рака білого кольору, з рожевими прожилками, має високу поживну цінність і неперевершений смак. Більш жорстке і менш смачне воно влітку, а навесні і восени смачніше [5, 6].

Їстівна частина м'яса раків легко засвоюється організмом, його можна вважати дієтичним. Страви з річкового рака вважаються делікатесом. В клешнях їстівного м'яса менше, основний об'єм його знаходиться в черевці.

М'ясо є джерелом повноцінного білка – 15-20%, мікроелементів і вітамінів; жирність його невелика – 0,8-1,2%. Для виробництва харчових продуктів можуть бути використані живі, заснулі раки. Охолоджені, із підігнутою і прижатою до тіла хвостовою частиною, з незмінним кольором і консистенцією, зі світлими прозорими очима і чистим панциром. Переробка раків в період линяння не дозволяється [8].

В 100 г м'яса знаходиться приблизно 77 ккал. Окрім харчових властивостей м'яса хітиновий покрив річкового рака, також є прекрасним антисептиком і загоює рани. Людям із захворюваннями судинної системи і печінки радять споживати м'ясо річкового рака [16, 17, 19].

М'ясо раків необхідно швидко реалізовувати, оскільки через 10 годин після їх смерті з'являється гнилісний запах. Основна маса раків реалізовується у вареному стані. Їх миють і поміщають в киплячу воду. Після 13-16 хвилин раки залишають у відварі 20-25 хвилин [14].

Щоб раки лишалися якісними їх необхідно зберігати в скляному посуді.

Із-за великої кількості вмісту в м'ясі пігментів каротиноїдів при варці вони змінюють колір, стають червоними. Яскраво-червоний колір надає ракам астаксантин, що знаходиться в покривах річкового рака. В живих раків і до варки колір зеленкуватий. Це пов'язано з каротиноїдами, які бувають зв'язані з білками. Під час термічної обробки астаксантин, що виділився, отриманий розпадом білків і каротиноїдів, забарвлюють тулуб рака в інтенсивний червоний колір. Варені раки мають бути продані впродовж 11 годин [1, 4, 14].

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма дослідження

Програма дослідження передбачала виконання наступних завдань:

1. Аналітичний огляд інформаційних джерел за темою дослідження.
2. Підбір методів дослідження.
3. Вивчення морфометричних характеристик популяції річкового рака в природних умовах існування.
4. Встановити біогеохімічні умови біоценозу річкового рака.
5. Визначення рівні вмісту цинку, міді, марганцю, кобальту, свинцю і нікелю в річці Тетерів;
6. Аналіз динаміки накопичення досліджуваних компонентів в залежності від розмірів, статевої належності та сезону року;
7. Вияснити особливості розподілу елементів в організмі річкового рака.

2.2. Методика проведення дослідження

Кваліфікаційна робота виконана в період 2022-2023 рр. на кафедрі біоресурсів, аквакультури та природничих наук Поліського національного університету. Збір матеріалу проводився впродовж 2022-2023 рр. в р. Тетерів Житомирської області.

Об'єктами дослідження були зразки проб ґрунту, води, органів і тканин довгопалих раків, які виловлювалися в природних умовах (в річці Тетерів). Вибір раків довжиною 9-12 см передбачався тим, що саме ці розміри річкового рака найбільш ефективні при інтродукції.

Збір зразків здійснювали навесні (квітень), літній (липень), осінній (жовтень) і зимовий (грудень) періоди року. Проби води відбиралися з квітня по жовтень щомісяця [11].

Вивчення вмісту мікроелементів (Сi, Zn, Мп, РЬ, Ni, Со) в органах і тканинах річкових раків, ґрунті та воді проводилися методом атомно-абсорбційної спектрометрії на спектрофотометрі фірми «Hitachi» 180-50 [9, 10].

Вміст мікроелементів у воді подано в мкг/л, в ґрунтах, органах і тканинах річкових раків – в мг/кг сухої речовини.

2.3. Умови проведення дослідження

Річка Тетерів протікає на Придніпровській височині та Поліссі. Вона є правою притокою Дніпра і впадає в Київське водосховище. Довжина становить 385 км, площа басейну - 15300 км². Протікає в межах Житомирського та Коростишівського районів Житомирської області, а також Бородянського й Іванківського районів Київської області.

Початок свій бере від межі Житомирської і Вінницької областей, на південь від села Носівка, на висоті 299 м. Верхів'я Тетерева розташовується в межах Подільської височини, тому в деяких місцях вона має характер гірської річки.

Досить є різноманітною геологічна будова берегів Тетерева. На початку витoku (20 км), видніються гранітні утворення, які прикриті пісками та лесом. З обох боків річку супроводжують скелі різних кристалічних порід. В межах Житомира скелі сягають значної висоти, вони тягнуться аж до міста Радомишль. Місцями зустрічається звичайний граніт (гирло річки Кам'янки), а поблизу села Козіївка розташовується єдине в області родовище кристалічного вапняку (мармур). У межах Радомишля береги мають корисні копалини – залізна руда.

У Житомирі на річці Тетерів побудоване водосховище та електростанція.

Живиться річка за рахунок опадів — снігу і дощу. Тетерів утворює безліч рукавів і протоків; влітку деякі рукави можуть пересихати. Річка вкривається кригою приблизно 20 листопада і звільняється від неї в середині березня. Навесні рівень річки може підніматися на 2-5 метри. Повінь може тривати довго — до 1 червня.

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГО-САНІТАРНА ОЦІНКА ЯКОСТІ І БЕЗПЕКИ РІЧКОВИХ РАКІВ ВОДОЙМ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Морфометричні характеристики популяції річкового рака в природних умовах існування

Річкові раки – найкрупніші з безхребетних тварин, які мешкають в різноманітних прісноводних водоймах. Вони займають важливе місце в бентосних угрупованнях. Споживаючи широкий спектр їжі – від макрофітів і детриту до безхребетних – і, не виключено, іноді і хребетних, раки мають суттєвий вплив на бентосні угруповання, на потік енергії і речовин в екосистемі в цілому. Запаси раків у природних водоймах скорочуються, і в найближчі роки значного росту запасів раків в природних умовах не очікується. Щоб підвищити запаси річкового рака в природних умовах, необхідним є проведення біотехнічних заходів в річках і водосховищах та штучне розведення в ставках. Технологія штучного розведення річкових раків стримується недостатнім рівнем вивчення біології та адаптивних можливостей цих гідробіонтів [1, 4, 6].

Морфологічні особливості довгопалого рака з природної популяції річки Тетерів вивчалися в рамках мікроелементного складу організму рака. Відомо, що вміст мікроелементів в організмі тварин визначається не лише геохімією середовища, а й видовими особливостями. В уловах зустрічалися раки довжиною від 6,0 до 12,0 см. Співвідношення розмірних груп показано на рисунку 3.1.

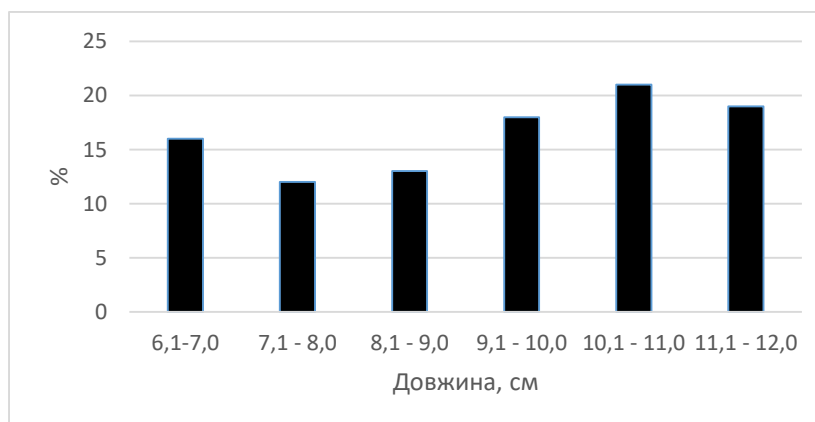


Рис. 3.1. Співвідношення розмірних груп довгопалого рака в уловах

В раків чітко виражене домінування крупних особин, вони займають кращі ділянки, не допускаючи дрібних раків до їжі. Тому дрібні раки були в уловах відсутні.

Не дивлячись на те, що у довгопалого рака існує статевий диморфізм, який виявляється, в тому числі, і в розмірах і масі тіла, суттєвої різниці по довжині тіла між самцями і самками не виявлено. Більш виражені були статеві відмінності по довжині карапакса, який у самців був в середньому більше на 10%. Самки мають більш широкий абдомен [12, 15].

3.2. Біогеохімічні умови біоценозу річкового рака

Моніторинг вмісту іонів металів у воді річки Тетерів з квітня по жовтень дозволив виявити деякі закономірності зміни їх концентрації впродовж року (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Вміст металів у воді р. Тетерів, мкг/л

Місяці	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb
Квітень	14,7±1,2	3,9±0,2	6,7±0,6	2,8±0,22	2,2±0,3	1,2±0,2
Травень	9,3±0,8	3,1±0,17	5,9±0,5	3,3±0,22	1,4±0,3	1,4±0,2
Червень	23,5±2,8	19,2±6,3	6,1±0,6	4,8±0,4	5,3±0,5	5,2±0,7
Липень	9,7±0,8	3,1±0,13	8,4±0,8	5,1±0,3	3,1±0,11	3,8±0,21
Серпень	8,4±0,6	3,2±0,13	5,3±0,3	3,5±0,15	2,2±0,13	1,4±0,006
Вересень	8,3±0,6	3,3±0,16	4,1±0,7	4,2±0,6	1,6±0,13	1,2±0,06
Жовтень	9,1±0,7	3,2±0,21	4,2±0,6	3,2±0,12	1,3±0,19	2,7±0,2

Ті зміни концентрації металів у воді, які спостерігаються впродовж року, неоднозначні, вони різняться для тих або інших елементів. Це, ймовірно, пов'язано з тим, що на концентрацію металів в річковій воді мають вплив різні фактори: паводок, сезонність атмосферних опадів, сезонні опади, сезонні зміни зважених частинок, інтенсивність розвитку макрофітів, а також планктонних і бентосних організмів, які здатні концентрувати в собі метали з води.

Ґрунти для річкових раків – найважливіша абіотична складова біоценозу і являє собою основне середовище їх життя, хімічний склад який визначає ступінь акумуляції мікроелементів і регулює нормальні процеси метаболізму [6].

Відмічені низькі значення міді в ґрунтах (таблиця 2), що відображає загальну біохімічну особливість ґрунтів Житомирської області, яка виражається в дефіциті в ґрунтах регіону міді.

Таблиця 3.2

Середній вміст мікроелементів в донних відкладах р. Тетерів (мг/сухої речовини)

Сезон	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb
Весна	24,3±2,4	34,8±2,3	2,6±0,9	9,8±1,8	17,8±1,4	13,2±2,2
Літо	30,7±2,8	10,7±1,82	3,6±0,8	8,7±0,8	19,9±2,51	13,3±1,92
Осінь	24,1±2,2	32,8±2,4	2,2±1,1	9,9±1,7	17,48±1,6	12,6±1,8

Особливості міграції хімічних елементів в ґрунтах досліджуваних комплексів в регіональному масштабі відображає розрахунковий коефіцієнт концентрації (Кк), який являє собою відношення середнього вмісту хімічного елементу в ґрунті до його вмісту в літосфері (кларк). Елементи з високим Кк є гіпоморфними і визначають геохімічне середовище.

Встановлено, що середні концентрації всіх досліджуваних хімічних елементів є значно нижчими їх кларків в земній корі. Особливо виділяються низькі кларки концентрацій, що вказує на низьку біофільність по марганцю і міді. Концентрація цих елементів значно нижча, ніж у літосфері.

Оскільки Кк є менше одиниці для досліджуваних мікроелементів, то для отримання більшої контрастності були розраховані зворотні обернені величини – кларки розсіювання (Кр), які являють собою відношення кларка елементу в літосфері до його вмісту в ґрунтах Житомирської області (таблиця 3.3).

Отримані результати вказують на те, що досліджувані мікроелементи не виявляють тенденцію до накопичення і наділені низькою відносною концентрацією.

Таблиця 3.3

Розраховані кларки концентрації і розсіювання в ґрунтах річки Тетерів

Елемент	Кларк	Кларк концентрації (Кк)	Кларк розсіювання (Кр)
Cu	47	0,06	4,4
Zn	83	0,32	1,6
Mn	1000	0,03	6,8
Ni	58	0,32	4,3

Co	18	0,53	2,5
Pb	16	0,81	2,2

Надходження мікроелементів в організм гідробіонтів здійснюється двома шляхами: трофічним (преорально) і осмотичним. Осмотичним шляхом надходження металів відбувається через зябра, оскільки щільний хітиновий покрив являє собою перепону між внутрішнім середовищем організму і навколишнім середовищем, і практично унеможлиблює суттєвий обмін речовин через зовнішні покриви. Таким чином, утилізація мікроелементів органами і тканинами річкового рака здійснюється після резорбції металів із зябер і шлунку, а потім вони накопичуються в тих або інших органах відповідно до своїх властивостей і фізіологічним особливостям органів і тканин.

3.3. Динаміка накопичення досліджуваних компонентів в залежності від розмірів, статевої належності і сезону року

Для гідробіонтів, які мешкають в помірних широтах, характерним є тісний зв'язок метаболізму з умовами навколишнього середовища, тому в різні сезони року можна очікувати різну активність тих або інших органів, що, без сумніву, може знайти своє відображення і у вмісті в окремих органах мікроелементів. За рівнем вмісту в організмі річкового рака досліджувані метали можна умовно поділити на дві групи. В першу входять цинк і мідь: їх концентрації в деяких органах вимірюються десятками і сотнями мг/кг сухої речовини, в другу – свинець, нікель, кобальт, марганець, вміст яких в організмі вимірюється зазвичай одиницями і в деяких випадках - десятками мг/кг сухої речовини. Такий розподіл металів є еволюційним, а також пов'язаний з геохімічними умовами існування.

Зимовий період. Розгляд сезонних особливостей накопичення металів в органах і тканинах рака розпочнемо із зимового періоду (таблиця 3.4).

Перше місце за ступенем утилізації цинку в організмі річкового рака займають м'язи клешні (392 мг/кг). Ймовірно, це пов'язано з роллю цинку, який бере участь в процесах регенерації і загоєння ран, що є актуальним для раків, які стають вразливими після линяння. Окрім того, для раків властива аутономія (відкидання кінцівок під час небезпеки), для відновлення кінцівок також необхідний цинк. Високі

концентрації цинку в зимовий період характерні і для гепатопанкреасу. Передбачається, що до зими відбувається накопичення цинку в залозі, який потім, з настанням теплої пори року, перерозподіляється в інші органи. Високий вміст цинку в печінці обумовлений її обмінно-депонуючими функціями.

Таблиця 3.4

Вміст мікроелементів в органах і тканинах річкового рака в зимовий період (мг/кг сухої речовини)

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	392±14,1	35,8±2,0	5,4±1,0	4,6±0,4	3,7±0,6	5,5±0,1
М'язи черевця	139,1±10,1	47,5±2,9	3,1±0,1	1,0±0,1	2,0±1,0	3,1±0,7
Зябра	88,5±4,4	110,1±7,0	5,1±0,3	5,2±0,2	6,0±1,1	7,3±1,4
Панцир	38,2±2,1	21,0±0,8	12,8±1,4	17,3±16	11,0±0,2	15,3±0,7
Гепатопанкреас	199,1±9,5	73,8±17	6,2±0,4	1,6±1,1	8,2±1,4	8,7±0,5

Найвища концентрація міді виявлена в зябрах (110,1 мг/кг сухої речовини), що пояснюється їх дихальною функцією і яким кровопостачанням цього органу і, великими концентраціями в зябрах дихального мідьвмісного пігменту гемоціаніну. А нікель, свинець, марганець і кобальт в максимальних значеннях утилізується панциром. **Весняний період.** Перехід раків від зимового до весняного періоду пов'язаний з посиленням обміну речовин. Відбувається активація ферментних систем, до складу багатьох з них в якості коферменту входять метали, як, наприклад, цинк і мідь – одні з основних ензим-формуєчих металів. До весни виснажуються накопичені восени резерви, тварини починають харчуватися, починається період розмноження і т.і. Все це знаходить своє відображення і в зміні мікроелементного спектру організму (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5

Концентрації металів у весняний період в організмі річкового рака (мг/кг сухої речовини)

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	410,8±3,4	42,2±1,4	3,4±0,6	26,5±1,7	2,7±0,07	6,5±0,1
М'язи черевця	131,1±1,1	28,6±1,6	1,2±0,08	11,4±1,3	16,8±1,3	1,7±0,1
Зябра	153,7±5,0	141,3±2,6	6,3±0,3	15,4±1,1	28,5±1,0	6,4±0,1
Панцир	62,3±2,7	18,1±0,1	13,7±1,1	24,5±1,1	15,3±1,3	13,8±0,6
Гепатопанкреас	98,3±1,7	71,4±2,3	4,1±0,1	5,5±0,4	17,3±1,1	6,7±0,04

Дуже високим вмістом цинку (до 410 мг/кг) характеризуються м'язи клешні, аналогічно до зимового періоду життя, потім по спадаючій йдуть зябра і м'язи черевця. Мінімальні концентрації цинку виявлені в панцирі, тобто в хітоновмісній частині організму. Концентрація міді також характеризується поступовим зниженням в ряді зябра – панцир від 141 до 18 мг/кг сухої речовини. Концентрація нікелю становить від 13,7 мг/кг в панцирі до 1,3 мг/кг в м'язах черевця. Свинець більш за все утилізується м'язами клешні (26,5 мг/кг) і панциром (24,6 мг/кг). Цікаво відмітити, що в м'язовій тканині за період зима-весна концентрація свинцю достовірно зростає. Марганець більш за все накопичувався зябрами, а його мінімум – в м'язах клешні. Більш високими концентраціями кобальту у весняний період відрізняються панцир, найменшими – м'язи черевця.

Літній період. Відомо, що влітку річкові раки змінюють спектр живлення і від переважно тваринної їжі переходять до рослинної, що не може не відобразитися на хімічному складі органів і тканин даного гідробіонту (таблиця 3.6). аналізуючи таблицю, необхідно відмітити, що цинк більшою мірою утилізується м'язами клешні і м'язами черевця. В мінімальних кількостях цей елемент виявлений в панцирі (34,7 мг/кг). За здатністю концентрувати мідь так само, як і в попередні сезони виділяються зябра. Влітку міді в зябрах містилося приблизно у 2 рази більше (273 мг/кг), ніж взимку і навесні. Більшість науковців віддають перше місце осмотичним процесам як основним при надходженні іонів металів в організм гідробіонтів, тому вважаємо, що перерозподіл міді в організмі рака проходить саме після акумуляції цього металу із води зябрами.

Наступним органом, після зябер, за кількістю акумульованої міді є гепатопанкреас, вміст в якому міді влітку (101,1 мг/кг) приблизно в 1,5 рази вищий, ніж взимку і навесні. Гепатопанкрес раків немає аналогів серед органів хребетних, оскільки він одночасно виконує функції декількох органів. В гепатопанкресі відбувається синтез і виділення травних ферментів, резорбція їжі, поглинання речовин з перетравленої їжі. Всі ці процеси проходять за участі ферментів, зокрема, тих, які каталізують реакції гідроксилювання і окислення. Ферменти, які прискорюють реакції окислення – оксидази – багаточисленні і містять іони міді в

різних станах. Зрозуміло, що активне протікання всіх цих процесів потребує підвищеної кількості міді.

Максимум нікелю, а також свинцю і кобальту містить панцир. В цілому панцир річкових раків відрізняється від інших органів тим, що вивчені мікроелементи утилізуються в ньому або в максимальних (нікель, свинець і кобальт), або в мінімальних кількостях (цинк, мідь). Панцир є концентратором свинцю і кобальту. Виникає питання, яке джерело мікроелементів, які надходять в панцир після линяння? Оскільки в природних умовах практично неможливо визначити, який період часу пройшов після чергової зміни панцира, проте відомо, що старий панцир з'їдається особинами, то, ймовірно, джерелом мікроелементів нового панцира є, перш за все, перерозподіл мікроелементів в організмі річкового рака з активним залученням при цьому мікроелементів, що надходять з їжею. Окрім того, в процесах линяння і подальшого відновлення втраченого панцира активну роль відіграє і млини шлунка, які перетираються і потім всмоктуються.

Літній період життя річкового рака супроводжується достовірно підвищеною утилізацією марганцю м'язами клешні, зябрами і печінкою. Такий перерозподіл мікроелементів саме в літній період пов'язаний з посиленням процесів метаболізму, в яких бере активну участь такий есенціальний елемент, як марганець.

Таблиця 3.6

**Концентрація металів в літній період в організмі річкового рака
р. Тетерів (мг/кг сухої речовини)**

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	312,3±5,6	59,4±2,1	сліди	9,2±1,2	7,6±0,4	7,4±0,1
М'язи черевця	170,8±13,1	39,5±0,2	сліди	5,4±0,5	5,5±0,4	9,2±0,1
Зябра	108,4±8,7	273,7±9,5	7,9±0,1	7,4±0,4	115,2±9	12,8±0,5
Панцир	34,7±1,7	22,1±1,3	11,0±0,5	20,8±0,7	9,6±0,5	33,6±1,8
Гепатопанкреас	96,2±4,5	101,1±5,5	0,25±0,02	3,9±0,3	31,4±1,4	10,3±0,1

Осінній період. Восени продовжується зниження концентрації цинку в м'язах клешні у порівнянні з попередніми сезонами, проте кількість його все одно лишається максимальною у порівнянні з іншими вивченими органами і тканинами річкового рака. На другому місці по кількості цього елемента знаходяться також м'язи, проте

черевця. Підвищена утилізаційна здатність відносно цинку характерна для зябер (таблиця 3.7).

Концентрація міді знижується у порівнянні з літнім періодом і стає співставною з такою ж в зимовій і весняний періоди, що ймовірно, пов'язано зі зниженням рівня метаболізму восени. Високий вміст міді в гепатопанкреасі дозволяє вважати останній органом фізіологічного депо для цього елемента. Панцир, як і в попередні сезони є концентратором свинцю та кобальту.

Таблиця 3.7

**Концентрація металів в осінній період в організмі річкового рака
р. Тетерів (мг/кг сухої речовини)**

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	241,5±6,0	41,3±3,2	сліди	15,3±1,4	4,5±0,2	23,5±2,7
М'язи черевця	161,5±4,7	43,7±1,8	сліди	6,3±1,1	9,0±1,2	8,2±1,6
Зябра	139,4±4,0	173,3±5,2	сліди	7,2±1,0	32,3±2,0	39,8±3,8
Панцир	39,1±1,0	24,1±3,1	8,4±0,8	27,5±3,1	25,6±3,5	39,1±3,6
Гепатопанкреас	72,8±2,1	79,6±3,8	сліди	сліди	21,5±1,8	8,7±0,7

Встановлені сезонні зміни вмісту мікроелементів в складі органів і тканин річкового рака можуть бути наслідком декількох причин. По-перше, сезонні зміни валового вмісту елементів можуть залежати від хімічного складу води і ґрунтів впродовж року. По-друге, варіабельність вмісту окремих елементів може відображати фізіологічні зміни в організмі річкового рака (ріст, розмноження, зміна спектру харчування, линяння).

Відомості про накопичення металів в різних органах і тканинах самців і самок довгопалого рака представлені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

**Концентрація металів в організмі річкового рака р. Тетерів (мг/кг сухої
речовини)**

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	377,7±3,8	49,1±2,0	3,2±0,1	16,5±2,2	1,8±0,3	2,7±0,2
	402,5±15,1	40,8±2,3	5,5±0,1	23,5±1,4	3,0±0,03	8,6±0,8
М'язи черевця	113,2±3,0	39,4±1,5	2,1±0,8	10,1±1,2	3,0±0,2	4,8±0,1
	129,0±4,0	3,2±0,7	0,8±0,1	13,8±0,1	сліди	2,0±0,02
Зябра	141,4±1,7	149,5±4,5	6,4±0,2	13,8±1,5	17,7±1,5	3,7±0,1
	159,7±3,2	136,0±5,0	5,8±0,3	16,2±0,8	27,8±2,0	7,1±0,08

Панцир	56,2±2,7	16,4±0,8	11,2±2,4	20,8±1,0	11,8±0,1	8,1±0,5
	58,3±2,8	15,8±1,1	18,4±1,6	23,3±1,8	14,6±1,2	16,7±1,2
Гепатопанкреас	83,0±2,2	60,8±3,8	4,0±0,3	6,8±0,2	8,2±0,8	3,5±0,1
	97,4±2,8	76,1±4,1	3,8±0,03	3,8±0,08	21,3±1,4	7,8±0,1

Примітка: верхні значенні – самці, нижні – самки

В цілому, як у самок, так і в самців у всіх розглянутих органах і тканинах переважають цинк і мідь, а мінімальні концентрації характерні для кобальту і нікелю, що пов'язано з інтенсивною акумуляцією біофільних елементів, які приймають активну участь у фізіологічних процесах (диханні, кровотворенні, депонуванні, виділенні).

Встановлено, що по всіх досліджуваних елементах, окрім міді, самки відрізняються більш потужною концентрацією, хоча у відношенні міді така закономірність притаманна лише печінці самок. У зв'язку із сезонними змінами рівня метаболізму було цікаво встановити, яким чином змінюються статеві ознаки по вмісту в органах металів в різні сезони. Найбільш яскраво статева різниця виявлена за вмістом міді в м'язах черевця і в печінці.

Мідь в м'язах самців впродовж всього року значно перевищує аналогічний показник самок. Ми пов'язуємо ці відмінності з більш активним способом життя самців у порівнянні з самками, особливо в період розмноження. В печінці, навпаки, мідь в більшій кількості міститься в самок, що цілком пояснюється виходячи із поліфункціональності міді в організмі і тій ролі, яку відіграє гепатопанкреас під час дозрівання жіночих статевих клітин. Відомо, що яйця річкового рака містять велику кількість жовтка та інших речовин. Синтез багатьох з них відбувається в печінці, потребує рясного постачання киснем (в складі гемоціаніну), за участі багатьох ферментних систем.

В цілому можна відмітити, що встановлена статева різниця щодо накопичення металів неоднозначна, є результатом одночасної дії багатьох факторів: гаметогенезу, зміни активності харчування в період розмноження, перерозподілу металів з інших органів і тканин у зв'язку із дозріванням статевих продуктів.

У зв'язку з тим, що в доступній нам літературі ми не знайшли науково-обґрунтованої методики визначення віку річкових раків, ми вирішили взяти для

порівняння дві розмірні групи – 9 і 12 см, оскільки ці розміри рекомендовані як найбільш ефективні при інтродукції в якості об'єкту аквакультури.

Мікроелементи за величиною абсолютного вмісту в органах річкових раків в дев'ятисантиметровому розмірі розташовуються в такому зменшувальному порядку: Zn – Cu – Mn – Co – Pb – Ni (таблиця 3.9). Тоді як у більш старших особин річкового рака (12 см) цей ряд дещо змінюється, а саме: Zn – Cu – Mn – Pb – Ni – Co (таблиця 3.10).

Таблиця 3.9

**Концентрація металів в організмі річкового рака (9 см)
(мг/кг сухої речовини)**

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	369,1±10,1	32,6±1,3	5,5±0,8	4,3±0,1	5,8±0,1	9,2±1,0
М'язи черевця	139,5±10,6	47,8±2,3	2,1±0,3	1,8±0,2	2,4±0,6	4,5±0,1
Зябра	90,1±2,4	104,4±0,8	7,0±0,1	6,0±0,2	40,2±3,2	12,2±1,2
Панцир	39,0±1,6	24,2±2,5	10,7±0,3	16,5±1,4	13,4±1,2	14,4±2,0
Гепатопанкреас	208,6±3,7	81,8±5,3	9,6±0,2	1,4±0,08	11,5±1,1	13,3±2,0

Таблиця 3.10

**Концентрація металів в організмі річкового рака (12 см)
(мг/кг сухої речовини)**

Органи	Zn	Cu	Ni	Pb	Mn	Co
М'язи клешні	370,8±10,6	34,3±2,0	3,8±0,1	6,1±0,3	4,5±0,7	2,2±0,5
М'язи черевця	146,1±8,5	47,1±3,3	3,1±0,2	2,0±0,1	3,4±0,07	4,3±0,3
Зябра	71,7±2,8	118,2±4,2	3,8±0,4	4,3±0,8	9,4±0,6	2,6±0,1
Панцир	42,0±1,1	19,5±1,1	18,1±2,0	21,8±1,5	13,5±1,4	17,4±1,7
Гепатопанкреас	91,5±2,7	47,0±4,1	4,7±0,3	2,1±0,3	7,3±0,1	4,0±0,07

Більш молоді особини містять в більших концентраціях есенціальні елементи – цинк, марганець, кобальт, а за ступенем утилізації міді, нікелю і свинцю не встановлено достовірної різниці між річковими раками різного розміру.

Для м'язів черевця і клешні нами не встановлено вікових відмінностей в рівнях концентрації мікроелементів. Для інших вивчених органів встановлені наступні найбільш значимі достовірні зміни в мікроелементному складі: в зябрах, печінці всі

вивчені нами елементи (крім міді в зябрах) мають виражену тенденцію для зменшення концентрації з віком.

Цинк. Середні концентрації цього елемента в організмі річкового раку становлять від 112 до 141 мг/кг сухої речовини, з межами коливання в різних органах від 23 до 403 мг/кг (таблиця 3.11). коефіцієнт концентрування або біологічного поглинання варіює від 1,1 в панцирі і до 12,4 в м'язах клешні (таблиця 3.12). знання і аналіз інтервалів природного вмісту елементів в організмах – важлива складова геохімічної екології в плані пізнання геохімічного середовища і міграційних потоків хімічних елементів. Відомо, що рослиноїдні тварини мають більший, приблизно в 25 разів вище (по цинку-50) інтервал варіювання коефіцієнту концентрації, у порівнянні з хижими тваринами, у яких він дорівнює 2. Отриманий нами інтервал варіювання становить по цьому елементу 11,3, що вказує на змішаний характер харчування, а також на більш суттєвий контакт даних гідробіонтів з ґрунтовими частинками.

Мідь. Середні концентрації цього елемента в організмі річкового рака становлять від 45 до 82 мг/кг сухої речовини, з межами коливання в різних органах від 7 до 274 мг/кг. Коефіцієнт концентрації або біологічного поглинання варіює від 1,9 в шлунку і до 68 в зябрах (таблиця 3.12).

Високі значення міді в організмі річкового рака можна пояснити особливостями харчування – детрит, перифітон, бентос, які наділені високими кумулятивними здібностями відносно мікроелементів, а також гематологічними особливостями (гемоціанін у складі крові). Отримані нами дані за особливостями утилізації міді співставляються лише мікроелементним складом головоногого моллюска – кальмара, у якого кількість міді становить від 5,8 до 172 мг/кг. Особливо значними концентраціями міді відрізняються зябра річкового рака (середнє – 151 мг/кг) і печінка (74 мг/кг). Відношення цинку до міді в цілому в організмі річкового рака наступне: зима – 3,0; весна – 2,5; літо – 1,6; осінь – 2,0, тобто простежується явна тенденція збільшення фізіологічної ролі цинку в зимовий період і поступове зниження з мінімальними значеннями до літа.

Марганець. Середні концентрації марганцю в організмі річкового рака знаходяться в межах від слідових концентрацій до 37 мг/кг, з явно вираженою

тенденцією до збільшення кількості марганцю в літній період і мінімальними значеннями взимку. Так, взимку середня концентрація марганцю в організмі річкового рака становить – 11, навесні – 19, влітку – 37 і восени – 23 мг/кг. Тим не менш явно вираженої селективності організмом річкового рака марганцю, на відміну від цинку і міді, нами не встановлено. Середні мінімальні концентрації цього елемента притаманні м'язам клешні і черевця – 4 і 5 мг/кг відповідно, а максимальні – шлунку і зябрам – 39 і 35 мг/кг відповідно. В зябрах марганець накопичується в концентраціях, які значно перевищують його вміст в м'язах і печінці, що пояснюється, перш за все, функцією марганцю, як окиснювача в біологічних системах, входження його до складу мітохондрій.

Інтервал коефіцієнту концентрування марганцю становить від 0,06 до 10,4 (таблиця 3.12), що значно вище, ніж для цинку і міді – відношення максимуму до мінімуму в даному випадку досягає 173.

Таблиця 3.11

Співвідношення мікроелементів в органах і тканинах річкового рака

Органи	М'язи клешні	Ход. ноги	Хв. плавник	М'язи черевця	Зябра	Панцир	Шлунок	Печінка
Цинк/мідь	7,6	2,6	2,1	3,7	0,6	2,1	3,1	1,4
Цинк/марганець	4,7	5,5	2,8	30,1	3,4	3,0	4,4	5,1
Цинк/кобальт	42,2	6,4	5,8	30,1	11,0	2,0	9,7	14,6
Цинк/свинець	27	4,3	4,0	25,1	13,4	2,1	11,6	39,2
Цинк/нікель	112	9,2	9,2	150	24,3	3,2	16,6	29,4

Відношення цинку до марганцю в цілому в організмі річкового рака наступні: зима – 12,7; весна – 7,1; літо – 3,4; осінь – 4,8, тобто простежується, аналогічно відношенню цинк/мідь тенденція збільшення фізіологічної ролі цинку в зимовий період і поступового зниження з мінімальними значеннями до літа.

Кобальт. Середні концентрації кобальту в організмі річкового рака знаходяться в інтервалі від 2 до 40 мг/кг, з тенденцією збільшення кількості кобальту влітку і восени і мінімальними значеннями взимку і навесні. Так, взимку середня концентрація кобальту в організмі річкового рака становить 9, навесні – 8, влітку – 15 і восени – 24 мг/кг (таблиця 3.11). так само, як і у випадку з марганцем, явно вираженої селективності організмом річкового рака кобальту нами не встановлено. Середні мінімальні концентрації цього елемента притаманні м'язам клешні, черевця і печінки

– 5 і 8 мг/кг, а максимальні – панциру (24 мг/кг). Інтервал коефіцієнту концентрування кобальту – від 0,2 до 3,8 (таблиця 3.12), що співставляється зі значеннями цинку і міді – відношення максимуму до мінімуму в даному випадку становить 19.

Відношення цинку до кобальту в цілому в організмі річкового рака наступні: зима – 15,7; весна – 17,1; літо – 8,5; осінь – 4,7, тобто простежується аналогічно відношенню цинк/мідь і цинк/марганець тенденція збільшення фізіологічної ролі цинку в зимовий і весняний періоди і поступове зниження з мінімальними значеннями до літа і осені. З даних таблиці 3.11 явно простежується посилення ролі кобальту в панцирі.

Свинець. Даний елемент є умовно есенціальним елементом. Середні концентрації свинцю в організмі річкового рака знаходяться в інтервалі від слідів до 28 мг/кг, з тенденцією збільшення кількості свинцю навесні. Так само, як і у випадку з кобальтом і марганцем, явно вираженою селективністю організмом річкового рака свинцю нами не встановлено. Середні мінімальні концентрації цього елемента притаманні печінці – 3 мг/кг, а максимальні – панциру – 22 мг/кг і ходильним ногам – 19 мг/кг, тобто для органів зовнішнього скелету. Інтервал коефіцієнту концентрування свинцю – від 0,07 до 2,1 (таблиця 3.12). з даних таблиці 3.11 явно простежується підвищення ролі свинцю в панциру, ходильних ногах і хвостовому плавнику – органах з великою кількістю хітину.

Нікель. Середні концентрації нікелю в організмі річкового рака знаходяться в інтервалі від слідів до 19 мг/кг, з тенденцією збільшення кількості свинцю взимку. Явно вираженою селективністю організмом річкового раку нікелю нами не встановлено. Середні мінімальні концентрації цього елемента притаманні м'язам черевця – 1 мг/кг, а максимальні – панциру – 13 мг/кг і для ходильних ніг – 9 мг/кг, тобто органам зовнішнього скелету. Інтервал коефіцієнту концентрування нікелю – від 0,01 до 0,7 (таблиця 3.12) – відношення максимуму до мінімуму в даному випадку становить 70. Явно простежується підвищення ролі нікелю в панцирі, ходильних ногах і хвостовому плавнику – органах з великою кількістю хітину.

Коефіцієнти концентрації мікроелементів в організмі річкового рака

Елемент	цинк	мідь	марганець	кобальт	нікель	свинець
Інтервал	1,0-12,4	1,8-67	0,05-10,3	0,1-3,7	0,01-0,6	0,06-2,0
Max/min	11,2	35,7	173,2	18	69	29

Таким чином, проведені дослідження свідчать про специфічність накопичення мікроелементів в різних органах. Розподіл металів в організмі річкового рака характеризується нерівномірністю і залежить від функціональних особливостей органів, їх кумулятивної активності і хімічних властивостей самого металу, а також екологічних особливостей річкового рака і типу харчування.

Найбільша кількість міді і марганцю відмічена в зябрах – органі, що безпосередньо контактує з навколишнім середовищем і виконує дихальну, екскреторну і обмінну функції. М'язи річкового рака відіграють значну роль в накопиченні цинку, а панцир – в утилізації нікелю, свинцю і кобальту.

В цілому у всіх розглянутих органах і тканинах річкового рака переважає цинк, потім йде мідь і марганець, а мінімальні концентрації характерні для кобальту, свинцю і нікелю.

Відмічена більш висока здатність до накопичення цинку і нікелю організмом річкового рака взимку, а марганцю і міді влітку. Навесні в максимальній кількості відмічена утилізація свинцю, а восени кобальту.

Отримані результати дозволяють доповнити дані по еволюції хімічного складу водних організмів (на прикладі річкового рака) і середовища їх існування. Серед гідробіонтів річкові раки займають важливе місце в якості тест-об'єктів для оцінки екологічного стану водних екосистем. Ступінь накопичення мікроелементів в його тканинах і органах залежить від багатьох факторів, у тому числі і від геохімічного середовища, а також від функціонального стану організму.

Інтенсивність поглинання мікроелементів видами різних родин відображає коефіцієнт біологічного поглинання; і хімічні елементи, для яких КБП більше одиниці, відноситься до групи елементів – накопичувачів. В результаті досліджень було встановлено, що мідь для організму річкових раків є елементом сильного накопичення (зябра, печінка, м'язи, панцир), тобто річкові раки є організмом

концентратором міді. Таким чином, не дивлячись на нестачу міді в біотопі річкового рака, організм рака наділений потужними концентруючими властивостями відносно до цього елемента. На другому місці за накопиченням є цинк. Нікель та марганець, свинець і кобальт мають КБП менше одиниці.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що довгопалі раки р. Тетерів за основними пластичними ознаками характеризуються одноманітністю. Відсутність відмінностей свідчить про належність до однієї популяції.

2. Виявлена сезонна динаміка щодо кількості розчинних мікроелементів у воді, яка полягає в тому, що літній період характеризується підвищенням концентрації всіх елементів у воді. Середні концентрації валових форм мікроелементів у воді можна розташувати в порядку зменшення в такій послідовності: $Zn > Cu > Co > Mn > Ni > Pb$.

3. Вивчені ґрунти характеризуються максимальними значеннями марганцю і цинку, відповідно до 49 і 33 мг/кг і мінімальними концентраціями міді до 5 мг/кг, що є відображенням загальної біогеохімічної ситуації Житомирської області – дефіцит міді в ґрунтах. Мікроелементний склад вивчених ґрунтів має наступний ряд: $Mn > Zn > Ni > Pb > Co > Cu$. Середні концентрації всіх вивчених хімічних елементів в ґрунтах є значно нижчими їх кларків в земній корі. За величиною кларка концентрації досліджуваних мікроелементів утворюють наступний ряд: $Pb > Co > Ni > Zn > Cu > Mn$.

4. Виявлені органи-концентратори мікроелементів в організмі річкового рака – м'язи по цинку (до 411 мг/кг), зябра по міді (до 274 мг/кг) і панцир по кобальту, свинцю і нікелю (до 39, 28 і 14 мг/кг відповідно). В максимальних кількостях в досліджуваних органах річкового рака утилізується цинк, потім йдуть мідь-марганець-свинець-кобальт-нікель.

5. Отримані значення КБП в системі ґрунт-організм річкового рака свідчить про те, що елементом сильного накопичення є мідь, тобто річкові раки є організмами концентраторами міді (КБП міді до 68). На другому місці знаходиться цинк, КБП якого становить 8,2. Нікель, марганець, свинець і кобальт у більшості випадків не виявляють тенденцію до накопичення і мають КБП менше одиниці.

6. Сезонні особливості міжорганного розподілу мікроелементів в організмі річкового раку полягають в тому, що в цілому для організму рака характерна підвищена утилізаційна здатність відносно міді і марганцю в літній період, цинку і нікелю взимку, а кобальту восени.

7. Встановлено, що за всіма вивченими елементами, окрім міді, самки відрізняються більш потужним концентруванням у порівнянні із самцями.

8. Вікові відмінності в мікроелементному складі полягають в наступному: в зябрах і печінці всі вивчені мікроелементи мають тенденцію до зниження їх кількості з віком (окрім міді). А для ходильних ніг і хвостового плавника характерною віковою зміною є підвищення утилізаційної здатності відносно всіх вивчених мікроелементів.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Встановлені концентрації фізіологічно значимих елементів в річкових раках можуть бути використані під час виробництва продуктів харчування і біологічно активних добавок з врахуванням їх харчової цінності, зокрема, отримання функціонально активних каротиноїдів і хітину із панцировмісних відходів прісноводних раків, що в подальшому може знайти застосування в якості біодобавок в тваринництві, рослинництві та медицині.

2. Параметри навколишнього середовища існування і показники гомеостазу річкових раків можуть бути використані під час розробки технології штучного відтворення, при доместикації і селекції, їх розведенні в штучних умовах, а також з метою покращення якісних характеристик вирощуваних об'єктів.

СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А що ви знаєте про раків?: [електронний ресурс]. Режим доступу: http://darg.gov.ua/a_shcho_vi_znajete_pro_rakiv_0_0_0_6963_1.html
2. Алимов І. С., Кононенко Р. В. Інтенсивні технології в аквакультурі: навчальний посібник. К. 2011. 280 с.
3. Безусий О. Л., Борбат М. О. До проблеми отримання посадкового матеріалу річкових раків. Рибогосподарська наука України. 2008. № 2. С. 72–74.
4. Бродский С. Я. Фауна Украины. Высшие раки. К.: Наукова думка, 1981. Вип. 3. 203 с.
5. Бродский С. Я., Сидоренко А. П., Ставровский К. Б. Методические рекомендации по получению жизнестойких личинок и транспортировке речных раков. Львов, 1979. 19 с.
6. Бродський С. Я. Річкові раки: Киев : Наук, думка, 1981. 212 с.
7. Вдовенко Н. М. Глобальні пріоритети сталого виробництва сільськогосподарської продукції. Innovative solutions in modern science. 2016. № 4 (4). С. 3–17.
8. Дроник В. С., Давидов О. М. Присадибне раківництво. К.: Вісник зоології, 2012. 184 с.
9. Кваша С. М., Вдовенко Н. М. Аквакультурне виробництво: від наукових експериментів до промислових масштабів. Інвестиції практика та досвід. 2011. № 20. С. 7–11.
10. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі: навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури. 2016. 410 с.
11. Кудряшов С. С., Кудряшова М. В. Вирощування посадкового матеріалу довгопалого раку (*Astacus leptodactylus*) в умовах Одеської області. Основні завдання рибогосподарської науки щодо вирішення нагальних проблем розвитку рибного господарства України: Матеріали науково-практичного семінару «FishExpo-2014». 2014. С. 40–42.

12. Кудряшов С. С., Кудряшова М. В. Влияние качества самок длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus*) на потомство в условия заводского воспроизводства. Матеріали науково-практичного семінару «FishExpo-2015»: Завдання рибогосподарської науки щодо вирішення нагальних проблем розвитку прісноводної та морської аквакультури. Київ, 2015. С. 108–110.
13. Межжерин С. В., Костюк В. С., Жалай Е. И. Особенности генетической структуры популяций и морфологическая изменчивость популяций речных раков *Astracus Fabricius*, 1775 Юго-Востока Украины. Науковий вісник Ужгородського університету. 2012. Вип. 33. С. 133–136.
14. Носенко Ю. Прибуток у клешнях: чи вигідно вирощувати раків?: [електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://agrobusiness.com.ua/agro/idei-trendy/item/8361-prybutok-u-kleshniakh-chy-vyhidnovyroshchuvaty-rakiv.html>
15. Тищенко В. І., Божко Н. В., Коверга В. В. Перспективи розведення широкопалого річкового рака. Вісник СНАУ. 2011. № 7 (18). С. 42–44.
16. Atlas of Crayfish in Europe / ed. C. Souty – Grosset et al. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle, (Patrimoines naturels), 2006. 64 p.
17. Fetzner J. W. Family Astacidae Latreille, 1802-1803. Crayfish Taxon Browser. Carnegie Museum of Natural History. <http://iz.carnegiemnh.org/crayfish/NewAstacidea/family.asp?f=Astacidae>
18. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae – Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 2008. 595. P. 295–301: [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/226077330>
19. Murta A. Morphological variation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Iberian and North African Atlantic: implications for stock identification. *Journal of Marine Science*. 2000. Vol 57. P 11-13.
20. Sint D., Dalla Via J., Fureder L. *Morphological variations in Astacus Astacus L. morphological variations in Astacus Astacus L. and Austropotamobius pallipes (Lereboullet) populations*. 2001 Vol. 17. P. 14-15.