

УДК 574.24+57.033+639.311

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ПЛЮМБУМУ ТА КАДМІЮ В ОРГАНІЗМІ БІЛОГО ТОВСТОЛОБА

Н. І. Градович¹, Р. П. Параняк¹, Ю. М. Забитівський²
ninagrado3@gmail.com

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,
вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79010, Україна

²Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства НААН,
вул. Львівська, 11, смт Великий Любін, Городоцький р-н., Львівська обл., 81555, Україна

Досліджено особливості динаміки вмісту Кадмію і Плюмбуму протягом вегетаційного періоду в органах і тканинах однорічок та дворічок білого товстолоба (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes, 1844) на базі рибницьких ставків Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства НААН (смт Великий Любін Городоцького р-ну Львівської обл.). Встановлено сезонну та вікову динаміку накопичення Кадмію та Плюмбуму в організмі товстолоба.

Доведено, що за умов фонових вмісту цих металів у воді ставів найбільш інтенсивно накопичення Кадмію відбувається в однорічних особин порівняно з дворічними. Валовий вміст цього елемента у м'язовій тканині дворічок після вегетаційного періоду є вищим на 34 %, однак інтенсивність його накопичення протягом вегетаційного сезону є нижчою. Сезонний алгоритм накопичення Кадмію у однорічного і дворічного товстолоба подібний і знижується у ряді: нирки>зябра>печінка>м'язи>кров, за винятком весняного періоду, коли кумуляція Кадмію в печінці є вищою, ніж у зябрах. Виявлено децю відмінний від Кадмію характер накопичення Плюмбуму в організмі однорічок білого товстолоба, який у весняно-літній період вегетації відображається у низхідній послідовності: нирки>зябра>м'язи>печінка>кров. У дворічок товстолоба в цей період обсяги накопичення Плюмбуму спадають у порядку: зябра>нирки>печінка>м'язи>кров. Доведено вищу схильність до накопичення у м'язах Плюмбуму порівняно з Кадмієм в особин дворічного віку товстолоба за вмісту цих елементів у воді в межах рибогосподарських ГДК.

Ключові слова: КАДМІЙ, ПЛЮМБУМ, БІЛИЙ ТОВСТОЛОБ, ОРГАНИ, ТКАНИНИ

LEAD AND CADMIUM ACCUMULATION IN SILVER CARP

N. I. Hradovych¹, R. P. Paraniak¹, Yu. M. Zabytivskiy²
ninagrado3@gmail.com

¹Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Z. Gzhytskyj,
50 Pekarska st., Lviv 79010, Ukraine

²Lviv research station of Institute of fisheries NAAS,
11 Lvivska str., Velykyi Lyubin, Horodok district, Lviv region 81555, Ukraine

The features of the dynamics of Lead and Cadmium contents in organs and tissues 1- and 2-year silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes, 1844) during the vegetation period in fish-breeding ponds at the Lviv research station of Institute of fisheries NAAS (Lviv region, Horodok district, Velykyi Lyubin) are studied. The seasonal and age dependences of lead and cadmium in silver carp are investigated.

It is shown that with background content of these metals in water the most intensive Cadmium accumulation is in tissue 1-year silver carps comparatively to 2-year individual. Total content of this element in muscle tissue of 2-year silver carp after vegetation periods is 34 % higher but intensity of this accumulation during these periods is lower. The seasonal algorithm of Cadmium accumulation in 1- and 2-year silver carps is analogous and they decrease in series: kidney>gills>liver>muscle>blood. The exception is spring period when the Cadmium accumulation in liver is higher than in gills. A little different accumulation character of Lead in organism 1-year silver carp is shown. During spring-summer vegetation periods the descending line: kidney>gills>muscle>liver>blood is reflected. In 2-year silver carp during this period index of Lead

accumulation decreases in line: gills>kidney>liver>muscle>blood. It is shown the highest inclination for Lead accumulation compared to Cadmium in muscles of 2-year fishes in conditions for content of these metals in water in accordance with fisheries limit concentrations.

Keywords: CADMIUM, LEAD, SILVER CARP, ORGANS, TISSUE

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПЛЮМБУМА И КАДМИЯ В ОРГАНИЗМЕ БЕЛОГО ТОЛСТОЛОБА

Н. И. Градович¹, Р. П. Параняк¹, Ю. М. Забытицкий²
ninagrado3@gmail.com

¹Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологии
имени С. З. Гжицкого,
ул. Пекарская, 50, г. Львов, 79010, Украина

²Львовская исследовательская станция Института рыбного хозяйства НААН,
ул. Львовская, 11, пгт Великий Любень, Городоцкий р-н., Львовская обл., 81555, Украина

Исследованы особенности накопления Плюмбума и Кадмия в органах и тканях годовиков и двух-годовиков белого толстолоба (*Hypophthalmichthys molitrix Valenciennes, 1844*) на протяжении вегетационного периода на базе рыбоводческих прудов Львовской опытной станции Института рыбного хозяйства УААН (Львовская обл., Городоцкий р-н., пгт Великий Любень).

Установлено сезонную и возрастную динамику накопления Кадмия и Плюмбума в организме толстолоба. Показано, что при фоновом количестве этих металлов в воде накопление Кадмия проходит интенсивнее в организме годовиков по сравнению с двухгодовиками. Валовое содержание этого элемента в мышечной ткани двухгодовиков после вегетационного периода выше на 34 %, но интенсивность его накопления ниже. Сезонный алгоритм накопления Кадмия у годовиков и двухгодовиков аналогичен и снижается в ряду: почки>жабры>печень>мышцы>кровь за исключением весеннего периода, когда кумуляция Кадмия в печени выше, чем в жабрах. Выявлено несколько другой по сравнению с Кадмием характер накопления Плюмбума в организме годовиков белого толстолоба, отображающейся в весенне-летний период вегетации в нисходящей последовательности: почки>жабры>мышцы>печень>кровь. У двухлеток толстолоба в этот период показатель накопления Плюмбума снижается в порядке: жабры>почки>печень>мышцы>кровь. Показано более значительную склонность к накоплению в мышцах Плюмбума по сравнению с Кадмием в особой толстолоба двухлетнего возраста в условиях водоема, количества Плюмбума в воде которого не превышает рыбохозяйственных ПДК.

Ключевые слова: КАДМИЙ, ПЛЮМБУМ, БЕЛЫЙ ТОЛСТОЛОБ, ОРГАНЫ, ТКАНИ

Накоплення важких металів в організмі риб, які у водних біоценозах рибиницьких ставів посідають верхній трофічний рівень, є важливим екологічним чинником. Інтоксикація організму Плюмбумом та Кадмієм спричиняє ураження органів та тканин риб, зниження продуктивності, а також погіршує якість продукції рибиництва [1–8]. Важкі метали потрапляють у водойми зі стічними водами внаслідок різних антропогенних навантажень на екосистему. Рівень техногенного впливу на природні ресурси вимагає детального вивчення особливостей впливу важких металів на живі організми. Відомо, що кінетика проникнення важких металів в організм риб має

низку спільних рис, однак характеризується складнішими механізмами регуляції, які вимагають подальшого вивчення. Техногенне забруднення важкими металами, зокрема Кадмієм та Плюмбумом, є вкрай небезпечним для організму тварин, оскільки вони мають високу біологічну і міграційну активність. Тому важливо вивчити закономірності розподілу та динаміку накопичення цих політантив у продукції рибиництва [9–12].

В умовах Львівської області білий товстолоб (*Hypophthalmichthys molitrix Valenciennes, 1844*) поряд із коропом є популярним видом в аквакультурі і є ефективним інструментом підвищення рибопроductивності. Товстоло-

би відіграють істотну роль у формуванні якості води: відфільтровуючи значну кількість фітопланктону та детриту, вони змінюють кругообіг речовин і енергії в екосистемі, впливають на гідрохімічний режим. Чимало ставків перебувають у зоні значного антропогенного навантаження, зокрема нерідко виявляють близькі до граничних значень важких металів у воді та мулі рібницьких ставів [13–14]. Серед багатьох робіт, що вивчають особливості розподілу важких металів (ВМ) в органах та тканинах риб, відносно незначна увага присвячена білому товстолобу [15–16]. Представлені видові особливості накопичення ВМ в організмі промислових риб [17]. Наведені результати вивчення та порівняння вмісту Плюмбуму й Кадмію у компонентах екосистеми р. Самара та тканинах коропа й товстолоба влітку і восени [18]. Водночас динаміка вмісту Плюмбуму та Кадмію у компонентах рибоводного ставу протягом найбільш інтенсивного періоду виробництва вивчена недостатньо, а наукові праці, увага в яких зосереджена на віковій залежності вмісту цих металів в органах та тканинах товстолоба, практично відсутні.

Метою роботи було дослідити особливості накопичення Плюмбуму і Кадмію в органах та тканинах білого товстолоба в умовах фонового вмісту цих елементів у воді, виявити вікові особливості накопичення цих важких металів у організмі.

Матеріали і методи

Дослідження проведено протягом періоду вегетації — у травні-вересні на базі рібницьких ставків Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства НААН (смт Великий Любінь Городоцького району Львівської області), що живляться водою з річки Верещиця, яка, проходячи через місто Городок, поглинає відходи господарської та промислової діяльності. Для сезонного моніторингу обрано два стави, у яких в полікультурі з коропом вирощували білого товстолоба в одному ставі — до маси 380 г, в іншому — до маси 1165 г. Щільність вирощування в полікультурі з личинками коропа однорічок тов-

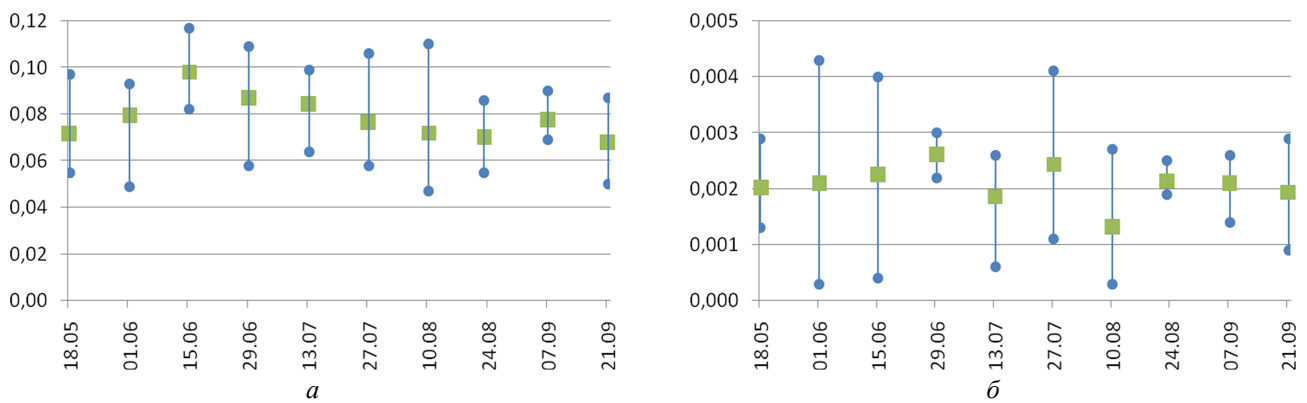
столоба становила 800 екз/га, дворічок товстолоба, в полікультурі з однорічками коропа — 60 екз/га.

Відбір зразків тканин і води проводили кожних два тижні з середини травня до другої половини вересня. Для визначення вмісту ВМ відбирали по шість екземплярів одно- та дворічок товстолоба, з яких брали зразки м'язів, печінки, нирок, зябер та крові. Кров для досліджень забирали із хвостової артерії риб за допомогою шприца. Вміст ВМ у воді і в тканинах після їх сухого озолення визначали методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії на спектрофотометрі С-115М1 за загальновизнаною методикою [19]. Результати опрацьовували статистично, умовно поділяючи на три часові групи: група I — весна-літо, три серії відборів; група II — літо, чотири серії; група III — літо-осінь, три серії. Протягом досліджень також здійснювали контроль вмісту Плюмбуму й Кадмію у воді, щоразу проводився забір п'яти зразків води з поверхнього шару водойми. Заміри вмісту ВМ у воді здійснювали за три дні до забору риби.

Результати й обговорення

Упродовж періоду спостереження середня температура води становила $18,4 \pm 3,1$ °C і коливалась у межах величин від 15,8 до 24,6 °C; максимум припадав на середину серпня. Середнє значення показника рН середовища становило $7,9 \pm 0,2$, загалом можна відзначити тенденцію зниження цього показника від 8,1 на початку періоду спостереження до 7,7 у кінці. Вміст Кисню становив $4,8 \pm 2,0$ мг/дм³, найвищі значення проявлялись у весняний та осінній періоди. Показник БСК₅ дорівнює $2,73 \pm 0,42$ мгО₂/дм³ без вираженої сезонної тенденції, як і показник ХСК, середнє та стандартне відхилення якого — $28,7 \pm 11,0$ мгО₂/дм³.

На *Рис. 1 (а і б)* наведено результати вимірювання вмісту у воді ставу йонів Плюмбуму та Кадмію відповідно. Показники вмісту Кадмію у воді вказують на значну мінливість залежно від часу відбору проб, результати вказують на деяке зниження вмісту цього ВМ у воді в осінній період. Щодо вмісту йонів Плюмбуму у воді відзначаємо деяке

Рис. 1. Динаміка вмісту Пліумбуму (а) та Кадмію (б) у воді, мг/дм³

зниження показників у літньо-осінній період. Зазначимо, що протягом короткого періоду вміст Пліумбуму у воді дещо перевищував ГДК для рибогосподарських водойм (0,100 мг/л), вміст Кадмію був у межах ГДК (0,005 мг/л).

Результати досліджень наведено у Таблиці 1 і Таблиці 2. Результати вказують на існування загальної тенденції до збільшення вмісту ВМ у організмі риби протягом сезону вирощування.

Таблиця 1

Вміст Кадмію в органах та тканинах товстолаба ($M \pm m$, $n=36$), мг/кг

	Однорічки			Дворічки		
	Група I	Група II	Група III	Група I	Група II	Група III
м'язи	0,023±0,004	0,037±0,009	0,047±0,007	0,055±0,01	0,055±0,006	0,061±0,008
печінка	0,043±0,009	0,070±0,014	0,096±0,016	0,091±0,011	0,131±0,012	0,126±0,012
нирки	0,053±0,01	0,080±0,012	0,119±0,016	0,122±0,016	0,134±0,017	0,143±0,017
зябра	0,044±0,009	0,059±0,008	0,070±0,010	0,073±0,012	0,079±0,01	0,082±0,011
кров	0,020±0,004	0,026±0,005	0,034±0,005	0,038±0,005	0,039±0,007	0,039±0,004

Таблиця 2

Вміст Пліумбуму в органах і тканинах товстолаба ($M \pm m$, $n=36$), мг/кг

	Однорічки			Дворічки		
	Група I	Група II	Група III	Група I	Група II	Група III
м'язи	0,063±0,010	0,080±0,013	0,098±0,011	0,150±0,016	0,175±0,009	0,187±0,021
печінка	0,035±0,011	0,080±0,016	0,119±0,010	0,425±0,085	0,634±0,146	0,977±0,12
нирки	0,182±0,060	0,299±0,091	0,388±0,142	0,440±0,121	0,474±0,103	0,480±0,149
зябра	0,134±0,098	0,206±0,055	0,345±0,161	0,449±0,058	0,571±0,064	0,651±0,059
кров	0,040±0,031	0,049±0,032	0,070±0,031	0,075±0,016	0,079±0,022	0,080±0,031

Зростання вмісту Кадмію в однорічок відбувається значно активніше, аніж зростання вмісту цього металу у органах та тканинах дворічок, що пов'язано з вищим темпом росту й акумулюванням цього металу у тканинах організму. Валовий вміст Пліумбуму, як і Кадмію, у тканинах дворічок товстолаба вищий, а його подальше накопичення відбувається повільніше, ніж в однорічок. Проте у випадку Пліумбуму вміст у крові

та м'язах є дещо нижчим від його вмісту в інших органах та слабко змінюється у випадку дворічок (Табл. 2).

Порівнюючи рівень вмісту у групі I (весна-літо) із групами II (літо) та III (літо-осінь), бачимо стале зростання вмісту Кадмію. Аналіз статистичної значимості вказує на те, що між першою та третьою є вірогідна відмінність ($P < 0,001$) щодо усіх органів. Відмінність між першою та другою групою най-

більш суттєва для нирок, печінки та м'язів, дещо менша для зябер ($P < 0,01$) та ще менша — для крові ($P < 0,05$). Відмінність між вмістом Кадмію в однорічок із другої та третьої груп найбільш виражена у нирках ($P < 0,001$), дещо менше — у крові та печінці ($P < 0,01$) та ще менш виражена у зябрах та м'язах.

Аналіз зміни вмісту Кадмію в органах та тканинах дворічок товстолаба виявляє вірогідну ($P < 0,001$) відмінність вмісту дослідного металу в печінці риби у другій та третій групах порівняно з першою. У нирках простежується вірогідна ($P < 0,01$) відмінність щодо вмісту Кадмію у першій та третій групах. В інших випадках суттєвих сезонних відмінностей щодо вмісту Кадмію в органах та тканинах дворічок товстолаба не встановлено. Зазначимо, що вміст Кадмію у крові практично не змінюється, а в печінці дворічок до осені, порівняно з літнім періодом, вміст Кадмію навіть незначно знизився, що пов'язано з активацією механізмів його виведення з організму.

У дворічок товстолаба можна відзначити зростання вмісту Кадмію в органах та тканинах як упродовж сезону, так і порівняно із вмістом металу в однорічок за аналогічний період (Табл. 1). Найбільше зростання виявлено у м'язах дворічок у групі I порівняно з однорічками цієї ж групи — 134 %. Незначне його зростання є в зябрах і крові дворічок у групі III порівняно з однорічками — 17 %.

Загальне сезонне зростання вмісту ВМ в органах та тканинах товстолаба узгоджується з результатами роботи [18], де відзначено тенденцію до збільшення вмісту Кадмію в тушках білого товстолаба наприкінці вегетаційного періоду на 28 %. У нашому випадку збільшення вмісту Кадмію становить 11,7 %.

В однорічок товстолаба протягом весняно-літнього періоду концентрації Кадмію в органах і тканинах були у такій послідовності: нирки>зябра>печінка>м'язи>кров. Протягом середини літа-осені послідовність дещо змінилась: нирки>печінка>зябра>м'язи>кров. Такий же порядок вмісту Кадмію виявлявся у дворічок впродовж усього сезону.

Щодо кумулятивної дії Плюмбуму, найвищі його концентрації виявлялись у нирках і зябрах, значно у меншій концентрації дослідний елемент встановлено у м'язах і печінці, найнижча концентрація — у плазмі крові (Табл. 2).

З плином часу вміст Плюмбуму в органах та тканинах білого товстолаба підвищується. У однорічок виявляється вірогідна ($P < 0,001$) відмінність щодо вмісту Плюмбуму у печінці між усіма групами та у м'язах між групами I та III. Вірогідна ($P < 0,01$) відмінність встановлена між другою та іншими групами у печінці, першою та іншими групами у нирках і між групами I та III у зябрах. Суттєва ($P < 0,05$) відмінність є між вмістом Плюмбуму в зябрах для груп II і III. Відмінності між вмістом Плюмбуму у крові всіх груп, між I і II у зябрах та II і III групах у нирках не є статистично вірогідною.

У дворічок товстолаба спостерігається вірогідна ($P < 0,001$) відмінність щодо вмісту Плюмбуму у печінці між усіма групами та у м'язах й зябрах між групами I та іншими (Табл. 2). Вона також зберігається ($P < 0,001$) між другою та третьою групами за вмістом Плюмбуму у зябрах. Решту відмінностей (а саме усі за вмістом у крові й нирках та у м'язах), хоч і зберігають тенденцію до підвищення з плином часу, не є статистично вірогідними. Після порівняння показників однорічок та дворічок товстолаба вміст Плюмбуму вірогідно підвищується — $P < 0,01$ для крові та $P < 0,001$ для інших тканин та органів.

В однорічок товстолаба протягом періоду весна-літо (групи I та II) концентрації вмісту Плюмбуму в органах і тканинах були у такій послідовності: нирки>зябра>м'язи>печінка>кров. Упродовж літа-осені (група III) послідовність дещо змінювалась: нирки>зябра>печінка>м'язи>кров. Такий же порядок вмісту Кадмію виявлявся у дворічок протягом усього сезону. На початку сезону у дворічок переважала концентрація в зябрах: зябра>нирки>печінка>м'язи>кров, а в групах II і III на низхідна градація вмісту Плюмбуму починається з печінки: печінка>зябра>нирки>м'язи>кров.

У науковій літературі наведені обмежені відомості щодо рівня та динаміки нако-

пичення Плюмбуму в організмі товстолоба. Зокрема [14] наведено такі значення вмісту Плюмбуму у органах та тканинах товстолоба, вирощеного у ставах Львівської дослідної станції ІРГ НААНУ: 2,48 мг/кг (зябра), 1,04 мг/кг (печінка), 0,73 мг/кг (м'язи), 0,57 мг/кг (нирки). За результатами наших досліджень, вміст Плюмбуму у зябрах майже завжди високий. Вміст Плюмбуму у печінці виходить на одне із перших місць у дворічок, причому під кінець року він навіть переважає вміст у зябрах. У роботі [20] висловлюється припущення, що вміст ВМ в органах та тканинах коропа й товстолоба лінійно залежить від їх вмісту у воді. Значення коефіцієнтів кореляції між вмістом ВМ у воді та в органах й тканинах риб наведено на Рисунок 2. З даних рисунку видно, що деяка позитивна кореляція спостерігається лише для Плюмбуму (0,28) та Кадмію (0,11) у крові дворічок. В інших випадках кореляція близька до нуля чи від'ємна. Це може бути пов'язане із тим, що в умовах рибницького ставу вміст ВМ у воді динамічно змінюється у достатньо широких межах, щоб вміст цих ВМ в органах і тканинах суттєво корелював із ним.

Порівняння вмісту ВМ у воді та органах й тканинах товстолоба дозволяє розраховувати так звані коефіцієнти накопичення цих ВМ у рибі. Із проведених досліджень можна зробити висновок, що коефіцієнти накопичення ВМ в органах і тканинах товстолоба залежать від його віку. Загалом коефіцієнти накопичення за Плюмбумом не були надто високими і для м'язової тканини становили в середньому 2,23 для дворічок і 1,05 — для однорічок. Вміст Плюмбуму у крові однорічок становив від 0,38 до 1,28 із середнім 0,69, тобто в середньому був меншим, ніж у водному середовищі; у дворічок середнє значення становило 1,01. Коефіцієнти накопичення Кадмію були значно вищими: середнє значення для м'язів становило 17,91 в однорічок та 28,25 — у дворічок.

Висновки

Проведені дослідження вказують на підвищені, порівняно з фоновими, значен-

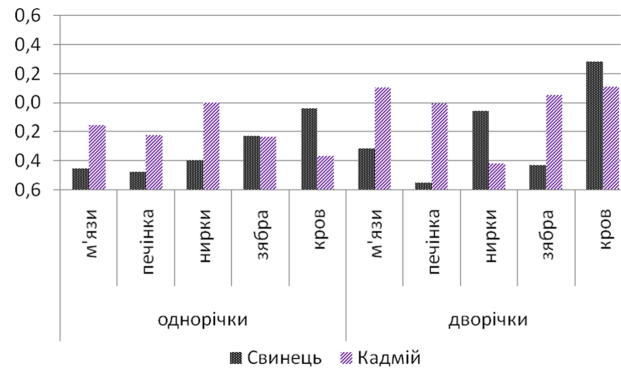


Рис. 2. Коефіцієнти кореляції між вмістом ВМ у воді та органах й тканинах товстолоба, $N = 10$

ня вмісту Плюмбуму та Кадмію у воді рибницьких ставів в умовах Львівської області. В окремих випадках вміст цих ВМ наближається до рибогосподарських ГДК. Виявлена тенденція до зростання вмісту ВМ в органах і тканинах білого товстолоба протягом сезону та у дворічок порівняно із однорічками. Найвищою є концентрація Кадмію у нирках одно- та дворічок; Плюмбум в однорічок найбільше накопичується у нирках та зябрах, у дворічок — у печінці та зябрах. Загалом у дворічок товстолоба, порівняно з однорічками, темпи накопичення ВМ знижуються, залишаються значними лише темпи накопичення Плюмбуму у печінці.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати є підставою для проведення майбутніх досліджень з метою зниження значень вмісту важких металів в органах і тканинах товстолоба.

1. Hrytsyniak I., Kolesnyk N. Biological importance and toxicity of heavy metals for biota of freshwater bodies (review). *Scientific journal "Fisheries science of Ukraine"*. 2014. № 2, P. 31–45. (in Ukrainian).

2. Zabytivskiy Yu. The effects of lead nitrate sublethal concentrations on the digestive activity of oneyear carps. *Visnyk of Lviv University, Series "Biology"*. 2002, Is. 28, P. 200–210. (in Ukrainian).

3. Chattopadhyay B., Chatterjee A., Mukhopadhyay S. K. Bioaccumulation of metals in the East Calcutta wetland ecosystem. *Journal Aquatic Ecosystem Health & Management*. 2002. Vol. 5 № 2, P. 191–203.

4. Al-Attar A. M. Changes in haematological parameters of the fish,

Oreochromis niloticus treated with subethal concentration of cadmium. *Journal Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2005. Vol. 8 № 3, P. 421-424.

5. Feldlite M., Juanicó M., Karplus I., Milstein A. Towards a safe standard for heavy metals in reclaimed water used for fish aquaculture. *Aquaculture*. 2008. Vol. 284 (1), P. 115–126.

6. Mirghaed, A. T., Hosseini, A. R. (2013). Cadmium Chloride Toxicity on Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *European Journal of Biological Sciences*, Vol. 5 (3), P. 104–107.

7. Naz S. and Javed M. Studies on the toxic effects of lead and nickel mixture on two freshwater fishes, *Ctenopharyngodon Idella* and *Hypophthalmichthys Molitrix*. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2013 Vol. 23 (3), P. 798–804.

8. Zhuang P., Li Z., McBride M.B., Zou B., Wang G. Health risk assessment for consumption of fish originating from ponds near Dabaoshan mine, South China. *Environmental Science and Pollution Research*.

9. Satarug S., Garrett S., Sens M., Sens D. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Scandinavian journal of work, environment and health*. 2010, № 118(2), P. 182–190.

10. Järup L., Berglund M., Elinder C., Nordberg G., Vahter M. Health effects of cadmium exposure — a review of literature and a risk estimate. *Scandinavian journal of work, environment and health*. 1998, № 24 (Suppl. 1), P. 1–51.

11. Chukhlebova L. M., Berdnikov N. V., Panasenkov, N. M. Heavy Metals in the Water, Bottom Sediments, and in the Muscles of Fishes of the Amur River. *Hydrobiological Journal*. 2011. Vol. 47 (5), P. 102–112.

12. Yi Y. J., Zhang S. H. Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. *Environmental Science and Pollution Research*. 2012. Vol. 19 (9), 3989–3996.

13. Stanko O. Heavy metals in water: the Dnister River pollution during the last ten years

(the territory of the Lviv Region. *Scientific journal "Modern problems of toxicology"*. 2012. № 3–4, P. 58–63. (in Ukrainian).

14. Baranov V., Voitsehivska A., Dumych O., Zabytivskiy Yu., Rakhmetov D., Khmelivskyy V. Research of fish-breeding ponds silt as organic substrate for soil terricons recultivation of coal mining. *Scientific journal "Visnyk of Lviv University, Series "Biology"*. 2009. Is. 49, P. 195–202. (in Ukrainian).

15. Andrusychyn T., Grubinko V. Accumulation of heavy metals in *Perca fluviatilis* and *Carassius carassius* from river Zbruch. *Materials ichthyological VII International scientific-practical conference "Modern problems of theoretical and practical ichthyology"*. Melitopol-Berdyansk. 2014, P. 16–19. (in Ukrainian).

16. Khomenchuk V., Rabchenyuk O., Kurant V., Grubinko V. Distribution of manganese, copper, zinc and lead in subcell components of carp gills under the joint action of Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Pb^{2+} ions. *Materials ichthyological VII International scientific-practical conference "Modern problems of theoretical and practical ichthyology"*. Melitopol-Berdyansk. 2014. P. 249–253. (in Ukrainian).

17. Dobrjanska G., Melnik, A., Syariy B., Korilyak M. A comparative description of the ecological state of nursery ponds of the Lviv fish farm. *Scientific journal "Fisheries science of Ukraine"*. 2014, № 2, P. 14–21. (in Ukrainian).

18. Fedonenko E., Sharamok T., Esipova N. Distributing of lead and cadmium in ecosystem of the Samara fish-breeder pond. *Scientific journal "Visnyk of Kharkiv National University, Series "Biology"*. 2007. Vol. 788, is. 6, P. 104–109. (in Ukrainian).

19. Rozhkova I. Methods of determining the mineral content in the water, the stern, organs, tissues and excreted by fish. *Questions physiology and biochemistry of food fish*. 1987, P. 176–182. (in Russian).

20. Gricinyak I., Litvinova T., Kolesnik N. Method of prognostication of concentrations of some heavy metals in organs and tissues of carp pisces. *Scientific journal "Fisheries science of Ukraine"*. 2009. № 2, P. 21–24. (in Ukrainian).