



УДК 619:612.648:612.23:616.008

Екотоксичний вплив плумбуму та кадмію на гематологічні параметри організму білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Н.І. Градович
ninagrado3@gmail.com

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

Багатьма авторами була відзначена актуальність питання про використання гематологічних параметрів риб як показників антропогенного впливу. Система крові тонко відображає реакцію організму на дію різноманітних екологічних факторів. Аналіз даних літератури свідчить, що проблема впливу сполук важких металів на гематологічні параметри організму білого товстолобика потребує подальших досліджень. Метою роботи було вивчити екотоксичний вплив Плумбуму та Кадмію на гематологічні показники білого товстолобика протягом періоду експозиції. У статті наведені результати досліджень показників впливу Плумбуму та Кадмію на окремі гематологічні показники білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) протягом 12-денної експозиції до дії іонів цих важких металів. Експериментальна частина здійснювалась в лабораторних умовах на базі Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства УААН (с/мт Великий Любін Городоцького р-ну Львівської обл). Дослідні групи налічували по 10 особин дворічок білого товстолобика у кожній. Риби попередньо адаптували до лабораторних умов протягом 5-ти днів, утримували при температурі 19 ± 2 °C, рН = $7,3 \pm 0,2$, вміст кисню 7–8 мг/л. Вимірювання параметрів крові проводили на 6-й та 12-й дні у контрольній групі й групах, що зазнавали впливу на рівні 2 та 5 ГДК відповідного металу. Встановлено, що вплив Плумбуму та Кадмію спричиняє вірогідне зниження кількості еритроцитів, гемоглобіну та гематокритного числа; ефект посилюється зі зростанням концентрації та із плином часу. Ефект від інтоксикації Кадмієм настає швидше, аніж від інтоксикації Плумбумом.

Ключові слова: кадмій, плумбум, білий товстолобик, інтоксикація, еритроцити, гемоглобін, гематокритне число.

Экотоксичное влияние плумбума и кадмия на гематологические параметры организма белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Н.И. Градович
ninagrado3@gmail.com

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

Многими авторами была отмеченная актуальность вопроса об использовании гематологических параметров рыб как показателей антропогенного влияния. Система крови тонко отображает реакцию организма на действие разнообразных экологических факторов. Анализ данных литературы свидетельствует, что проблема влияния соединений тяжелых металлов на гематологические параметры организма белого толстолобика нуждается в дальнейших исследованиях.

Целью работы было выучить экотоксичное влияние Плумбума и Кадмия на гематологические показатели белого толстолобика в течение периода экспозиции. В статье приведены результаты исследований показателей влияния Плумбума и Кадмия на отдельные гематологические показатели белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) в течение 12-дневной экспозиции к действию ионов этих тяжелых металлов. Экспериментальная часть осуществлялась в лабораторных условиях на базе Львовской опытной станции Института рыбного хозяйства УААН (п/гт Великий Любін Городоцького р-на Львовской обл). Опытные группы насчитывали по 10 особей двухлеток белого толстолобика в каждой. Рыбы предварительно адаптировали к лабораторным условиям в течение 5-ти суток, удерживали при температуре 19 ± 2 °C, рН = $7,3 \pm 0,2$.

Citation:

Hradovych, N.I. (2017). Ecotoxic influence of plumbum and cadmium on gematological parameters of sylver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 19(74), 24–28

0,2, содержимое кислорода 7–8 мг/л. Измерения параметров крови проводили на 6-й и 12-й дни в контрольной группе и группах, которые испытывали влияние на уровне 2 и 5 ПДК соответствующего металла. Установлено, что влияние Плюмбума и Кадмия вызывает достоверное снижение количества эритроцитов, гемоглобина и гематокритного числа; эффект усиливается с ростом концентрации и с течением времени.

Ключевые слова: кадмий, плюмбум, белый толстолобик, интоксикация, эритроциты, гемоглобин, гематокритное число.

Ecotoxicological influence of plumbum and cadmium on hematological parameters of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*)

N.I. Hradovych
ninagrado3@gmail.com

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

Many authors noticed the actuality of fish hematological parameters usage as indices of anthropogenic influence. Blood system reflects the reaction of the body on the action of different ecological factors. The problem of heavy metals influence on hematological parameters of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) needs to be investigated.

The aim of the work was studying of ecotoxicological Plumbum and Cadmium influence on hematological indices of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during the period exposition. The results of the investigations concerning the influence of Plumbum and Cadmium on some hematological indices of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) for 12 days exposition up to the action of these heavy metals are given in this article. Experimental part was realized at the Lviv research station of Institute of fisheries NAAS (Lviv oblast, Horodok region, Velykyi Lyubin). Experimental groups contained 10 two-years individuals each. Fish were adopted to laboratory conditions for 5 days under the temperature $19 \pm 2^\circ\text{C}$, $\text{pH} = 7.3 \pm 0.2$, oxygen content 7–8 mg/l. Blood parameters were measured on the sixth and twelfth days at the control group and groups which were under the influence on the level of 2 and 5 MPC of the appropriate metal. It was proved that the influence of Plumbum and Cadmium causes the lowering of erythrocytes number, hemoglobin and corpuscular volume: the effect becomes stronger when he concentration increases and in time. The effect from intoxication by Cadmium comes faster than by Plumbum.

Key words: plumbum, cadmium, *Hypophthalmichthys molitrix*, intoxication, erythrocytes, hemoglobin, corpuscular volume.

Вступ

Розповсюдження важких металів набули такого масштабу, що вони в багатьох екосистемах вже є визначальними екологічними чинниками. Відомо, що з численних хімічних речовин, які використовуються систематично та діють на організми постійно, 28 є найбільш небезпечними хронічними токсикантами пролонгованої дії, а серед них поряд з відомими органічними розчинниками, пестицидами та оксидами азоту і сірки чільне місце займають солі важких металів (Kutsenko, 2002; Guttyj, 2013; Nazaruk et al., 2015). Зростання надходження останніх у природне середовище з антропогенних джерел та внаслідок порушення циклів колообігу мінеральних сполук літо- і гідро-сфер призвело до збільшенні їхнього вмісту в біосфері та організмах, що веде до зниження продуктивності екосистем та становить потенційну небезпеку для людини (Bowen, 1979; Eichenberger, 1982). За масштабами забруднення і дією на біологічні об'єкти важкі метали займають особливе місце серед забруднюючих речовин. За певних умов багато з них необхідні живим організмам як мікроелементи, але в результаті інтенсивного атмосферного розсіювання в біосфері та значній концентрації їх у ґрунті, вони стають токсичними для біоти.

Забруднення гідроекосистем іонами важких металів залишається одним з актуальних питань сучасної екоотоксикології. Важливість досліджень, пов'язаних із важкими металами, обумовлена, з одного боку, зростаючими об'ємами цих металів, що потрапляють у довкілля внаслідок діяльності людини, а з іншого – шкодою, що вони завдають живим організмам. Риби

надзвичайно чутливі до різних забруднюючих речовин, що розчинені у воді, тому часто використовуються в моніторингових дослідженнях та при оцінці якості води методами біотестування (Hayashi et al., 1998).

Основними факторами, що визначають токсичність металу, є їх хімічна активність, проникність в клітини поверхневих, а потім і внутрішніх органів, ступінь накопичення в тканинах організмів, що визначається співвідношенням швидкості надходження, здатністю до зв'язування (акумулявання) та інтенсивністю виведення (Bowen, 1979; Khomenchuk, 2003).

Риби набагато чутливіші, ніж вищі хребетні, до важких металів, які здійснюють суттєвий вплив на імунологічні реакції організму. Імунна система риб, яка здійснює захист внутрішнього середовища від вторгнення чужорідних антигенів, є чутливим показником стану як самого організму, так і середовища існування. Вивчення гематологічних параметрів дає можливість оцінити загальний фізіологічний стан організму, його стійкість, здатність адаптуватись до умов середовища і, зокрема, до токсичних речовин, що забруднюють водойми.

Стан та продуктивність кожного виду в екосистемі залежать від умов середовища. Риби, як ніякий інший організм, різко реагують на якість довколишнього водного середовища і виступає в ролі біоіндикатора змін біологічних, фізіолого-біохімічних та екоотоксикологічних параметрів окремих видів, що дає змогу прогнозувати наслідки антропогенного впливу на гідроекосистеми. Мірою зростання концентрацій у гідроекосистемі і живих організмах кожен елемент починає діяти як токсична речовина.

Інтоксикація риб Плюмбумом та Кадмієм спричиняє комплексний негативний вплив на різноманітні параметри їхнього організму. Чимало досліджень присвячено вивченню впливу важких металів на склад крові, білковий обмін, обмін вуглеводів, ліпідів, енергетичний статус, тканинне дихання та ферментну активність основних шляхів енергозабезпечення тощо (Makashev, 1972; Mizrahi and Achituv, 1989; Ruparelia et al., 1989; Suhomlinov et al., 1990; Popova and Koshchii, 2007; Koval and Iakovenko, 2011; Levkovych, 2012; Levkovych and Panas, 2012; Bahdai and Snitynskyi, 2013; Snitynskyi and Levkovych, 2013; Krushelnyska, 2014). Результати досліджень свідчать про зростання концентрації гемоглобіну в крові дворічок білого товстолоба, зменшення кількості еритроцитів та спад гематокритного числа із збільшенням концентрації Кадмію у результаті 14-денної експозиції 1 та 5 ГДК цього металу (Levkovych and Panas, 2012). Аналогічні дослідження проведені щодо іонів Плюмбуму і виявлено зменшення вмісту гемоглобіну, кількості еритроцитів і гематокритного числа (Levkovych, 2012). Разом з тим вказується на складну динаміку еритроцитів, гемоглобіну та гематокриту протягом періоду 1–3–5 тижнів у нільській тиляпії під дією Кадмію. Виявлено у більшості випадків рівномірну зміну гематологічних параметрів у коропа протягом 32-х днів під комбінованою дією важких металів (Cd+Pb+Cr+Ni) із контролем на 1,8,16 та 32-й день (Vinodhini and Narayanan, 2009). У випадку білого товстолоба динаміка зміни параметрів крові не вивчалась.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження було проведено на базі Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства УААН (сmt Великий Любін, Городоцького р-ну, Львівської обл). Дослідні групи налічували по 10 особин дворічок білого товстолобика у кожній. Риби попередньо адаптували до лабораторних умов протягом 5-ти діб, утримували при температурі 19 ± 2 °C, pH = $7,3 \pm 0,2$, вміст кисню 7–8 мг/л. Перша група виконувала роль контролю, друга група протягом періоду експерименту перебувала під впливом іонів Плюмбуму у концентрації, що відповідає 2 ГДК для рибоводних ставків (0,2 мг/л за іонами Pb^{2+}). У воду третьої групи вносили $Pb(NO_3)_2$ з розрахунку концентрації 0,5 мг/л Pb^{2+} , що становили 5 ГДК із розрахунку на катіони Плюмбуму. Четверта та п'ята групи зазнавали впливу відповідно 2 ГДК (0,01 мг/л) та 5 ГДК (0,025 мг/л) Кадмію.

На 6-й та 12-й день відбирали по 5 особин для аналізу гематологічних параметрів. Кров для досліджень відбирали із хвостової артерії живих риб за допомогою шприца. У ході дослідження було визначено загальну кількість червоних кров'яних тілець, вміст гемоглобіну та гематокритне число. Плазму крові й еритроцити виділяли, застосовуючи стандартні методи робили мазки, фіксували 96% етиловим спиртом 30 хв та висушували. Препарати фарбували за методикою Паппенгейма – Крюкова, яка полягає в комбінованій обробці мазків розчином Мая–Грюнвальда та 2% розчином Романовського, що дає можливість краще диференціювати складові частини клітин

(Bokunyaeva and Zolotnitskaya, 1968; Suhomlinov et al., 1990). Підрахування еритроцитів проводили за допомогою лічильних камер, концентрацію гемоглобіну крові визначали гемоглобін-ціанідним методом (Kushakovskiy, 1968). Гематокритне число визначали методом мікроцентрифугування.

Результати та їх обговорення

Токсичну дію визначають такі чинники: форми (фізичний і хімічний стан) речовини, швидкість її надходження в навколишнє середовище із джерела утворення (акумуляції), шляхи та характер міграції і трансформації (фізичної, хімічної, біологічної) в різних компонентах екосистем, характер взаємодії речовин (синергізм, антагонізм тощо), чутливість (реакція) біологічних систем (молекул, клітин, організмів, популяцій, біоценозів і екосистем в цілому) до речовин і продуктів їх розпаду тощо.

Негативний ефект впливу іонів важких металів на організм проявляється як на молекулярному, так і на метаболічному рівнях (Gutyj et al., 2016; Khariv et al., 2016). Біоаккумуляція визначає швидкість надходження металу до організму та його виведення назовні, однак останнє залежить від зв'язувальної здатності тканин і клітинних структур. У результаті комплексу взаємодій накопичення і розподілу металів є специфічним, залежним від часу та природи металу, процесом. Особливості залежності накопичення металів від їхньої концентрації різнопланові. Ступінь проникності іонів металів залежить від їх загальної концентрації та форм перебування у середовищі й організмі.

Склад плазми крові, вміст формених елементів та структурно-функціональна цілісність гемоглобінової системи, як відомо, визначають функціональну і адаптивну здатність організму тварин. Тому за цими показниками можна виявляти ступінь небезпечності токсикантів. Токсиканти підвищують чутливість гемоглобіну до денатуруючих агентів, а також знижують його спорідненість до кисню.

У зв'язку з видовими та еколого-еволюційними відмінностями організмів важко поставити однакові експерименти для відповіді на ці питання. Однак більшість досліджень проведено на водних організмах, які найчастіше та найактивніше контактують з розчиненими формами металів, бо постійно перебувають у середовищі, де сполуки металів присутні постійно.

Було досліджено, що вплив Плюмбуму та Кадмію на організм товстолобика полягає в тому, що вміст гемоглобіну знижується. Відмічено, зокрема, зниження кількості еритроцитів і гематокритного числа. Варто зазначити, що ефект посилюється зі зростанням концентрації та із плином часу. Плюмбум та Кадмій можуть відігравати вирішальну роль у змінах інтенсивності процесу надходження кисню до клітин. Результати досліджень подано у таблиці 1. На шостий день у групі, що зазнавала впливу 2 ГДК Плюмбуму змін у кількості еритроцитів не виявлено, а у групі, що зазнавала впливу 5 ГДК Плюмбуму, кількість еритроцитів зменшилась на 7,1%. На дванадцятий день у групі 2 маємо зниження на 6,9% щодо контролю, а у групі 3 – на 13,9 %.

Таблиця 1

Вплив інтоксикації важкими металами на параметри крові товстолобика ($M \pm m, n = 10$)

Дослідні групи	Еритроцити (10^6 мм^{-3})		Гемоглобін (г 100 мл^{-1})		Гематокритне число, %	
	День 6	День 12	День 6	День 12	День 6	День 12
Група 1 (Контроль)	$1,96 \pm 0,17$	$2,02 \pm 0,18$	$8,69 \pm 0,45$	$8,01 \pm 1,01$	$42,96 \pm 1,82$	$43,30 \pm 2,55$
Група 2 (2 ГДК Pb)	$1,96 \pm 0,21$	$1,88 \pm 0,19$	$8,34 \pm 0,87$	$7,43 \pm 0,37$	$41,29 \pm 2,47$	$39,75 \pm 2,68$
Група 3 (5 ГДК Pb)	$1,82 \pm 0,21$	$1,74 \pm 0,20$	$8,12 \pm 0,68$	$6,76 \pm 0,62$	$39,47 \pm 2,66$	$37,87 \pm 2,59$
Група 4 (2 ГДК Cd)	$1,69 \pm 0,21$	$1,70 \pm 0,21$	$6,26 \pm 1,09$	$5,07 \pm 0,69$	$37,97 \pm 4,59$	$32,87 \pm 3,88$
Група 5 (5 ГДК Cd)	$1,54 \pm 0,35$	$1,66 \pm 0,14$	$5,82 \pm 0,78^*$	$4,70 \pm 0,92$	$34,20 \pm 1,54^*$	$30,37 \pm 0,79^{**}$

Примітка: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$ порівняно з контролем

Видно, що вказані кратні значення ГДК Плюмбу-му менше впливають на показники крові порівняно із аналогічними значеннями Кадмію. Подібні результати отримано для тилляпії (*Oreochromis niloticus*), для коропа (Al-Attar, 2005; Popova and Koshchii, 2007). Варто зазначити, що у нашому випадку вплив інтоксикації є менш вірогідний: лише у одному випадку маємо вірогідну відмінність від контролю на рівні $P < 0,01$, завдяки впливу Кадмію і ще у двох випадках – на рівні $P < 0,05$.

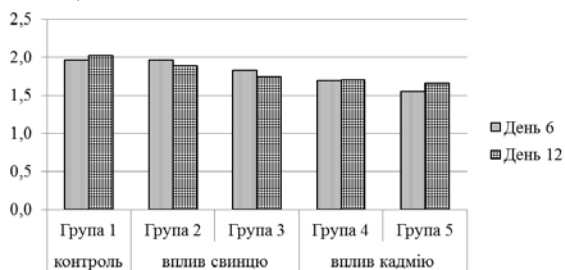


Рис.1. Вплив важких металів на кількість еритроцитів у крові ($10^6/\text{мм}^3$)

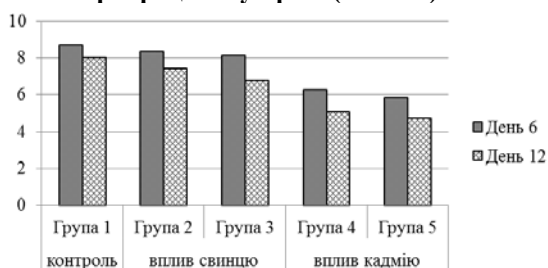


Рис.2. Вплив важких металів на рівень гемоглобіну (г $100/\text{мл}$)

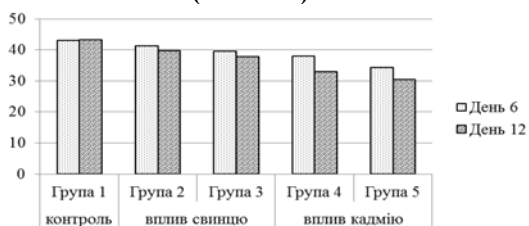


Рис.3. Вплив важких металів на гематокритне число (%)

Як показано на рис. 1–3, інтоксикація важкими металами призводить до зниження багатьох параметрів крові товстолобика, у тому числі кількості червоних кров'яних тілець, рівня гемоглобіну та гематокритного числа. Аналогічні ефекти виявлено для впливу Плюмбу на параметри крові білого товстолобика, вивчено динаміку гематологічних показників за токсикації товстолобика іонами Кадмію.

Значущу відмінність рівня гемоглобіну та гематокритного числа від контролю спостерігаємо при інтоксикації 5 ГДК Кадмію на шостий день ($P < 0,05$) та на 12-й день ($P < 0,01$). Відмінність при концентрації Cd^{2+} у 2 ГДК на 12-й день також є великою, проте спостерігається значне розсіювання результатів ($\sigma = 3,88$ або 12% для гематокриту і $\sigma = 0,69$ або 14% для гемоглобіну), а тому результати вірогідні при нижчому рівні ймовірності.

Щодо впливу іонів Плюмбу, то спричинені ними зміни гематологічних параметрів товстолобика є менш виражені. У випадку, якщо концентрація важких металів становить 2 ГДК, то на 6-й день середній рівень числа еритроцитів при дії Плюмбу практично не змінюється, а на 12-й – падає на 7% щодо контролю, тимчасом як Кадмій уже на 6-й день спричиняє падіння на 14%, а на 12-й – на 16%.

Отримані результати свідчать про те, що Плюмум та Кадмій є токсикантами, які пригнічують процес вироблення еритроцитів та негативно впливають на кисень-транспортну функцію крові білого товстолобика.

Отже, вміст гемоглобінів та їх функціональний стан, а також гомеостатичні показники крові об'єктивно відображають шкідливу дію важких металів.

Висновки

1. При інтоксикації Плюмумом та Кадмієм (2 та 5 ГДК) спостерігається зменшення кількості еритроцитів, рівня гемоглобіну та гематокритного числа.
2. Із зростанням рівня концентрації іонів важких металів підтверджується зростання ступеня впливу.
3. Негативні ефекти, обумовлені присутністю іонів Кадмію, настають значно швидше порівняно з Плюмумом.
4. Гематологічні параметри крові об'єктивно відображають шкідливу дію важких металів.

Перспективи подальших досліджень. Результати досліджень зумовлюють необхідність подальшого вивчення механізмів токсичної дії важких металів, розробки ефективних, безпечних заходів профілактики розвитку інтоксикацій.

Бібліографічні посилання

Al-Attar, A.M. (2005). Changes in haematological parameters of the fish, *Oreochromis niloticus* treated with sublethal concentration of cadmium. Pak. J. Biol. Sci. 8(3), 421–424.

- Bahdai, T., Snitynskyi, H. (2013). Vplyv kadmiu na protses peroksydnoho okysnennia lipidiv i stan antyoksydantnoi systemy v klitynakh krovi koropa. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser : Ahronomiia.* 17(2), 406–412 (in Ukrainian).
- Bokunyaeva, N.I., Zolotnitskaya, R.P. (1968). *Spravochnik po klinicheskim laboratornym metodam issledovaniya*, 290–295 (in Russian).
- Bowen, H.J.M. (1979). *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press.
- Khariv, M., Gutyj, B., Butsyak, V., Khariv, I. (2016). Hematological indices of rat organisms under conditions of oxidative stress and liposomal preparation action. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University.* 6 (1), 276–289. <http://dx.doi.org/10.15421/201615>
- Eichenberger, E. (1982). The interrelation between essentiality and toxicity of metals in the aquatic ecosystem. *Metal ions in biological systems*. New-York and Basel. 20, 67–100.
- Hayashi, M., Ueda, T., Uyeno, K. et al. (1998). Development of genotoxicity assay systems that use aquatic organisms. *Mutat. Res.* 399, 125–133.
- Gutyj, B.V. (2013). Vplyv meveselu na vmist vitaminiv A i E u krovi bychkiv za umov kadmijevoi' intoksykacii'. *Naukovyj visnyk L'viv'skogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotekhnologii im. G'zhyckogo.* 15, 3(1), 78–82 (in Ukrainian).
- Gutyj, B.V., Murs'ka, S.D., Gufrij, D.F., Hariv, I.I., Levkiv'ska, N.D., Nazaruk, N.V., Gajdjuk, M.B., Pryjma, O.B., Bilyk, O.Ja., Guta, Z.A. (2016). Vplyv kadmijevoho navantazhennja na systemu antyoksydantnogo zahystu organizmu bugajciv. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo universytetu. Biologija, ekologija.* 24(1), 96–102. doi:10.15421/011611 (in Ukrainian).
- Gutyj, B., Lavryshyn, Y., Binkevych, V., Binkevych, O., Paladischuk, O., Strons'kyj, J., Hariv, I. (2016). Influence of «Metisevit» on the activity of enzyme and nonenzyme link of antioxidant protection under the bull's body cadmium loading. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj.* 18, 2(66), 52–58. <http://dx.doi.org/10.15421/nvlvet6612>.
- Khomenchuk, V.O. (2003). *Biokhimichni osoblyvosti pronynennia i rozpodilu deiakyykh vazhkykh metaliv v orhanizmi koropa luskatoho : Avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk. Spets. «Biokhimiia».* Lviv, 19 (in Ukrainian).
- Koval, V.O., Iakovenko, B.V. (2011). Peretvorenna hlitsynu v orhanizmi koropa pry toksychnomu navantazhenni vazhky my metalamy. *Ternopil'skyi natsionalnyi pedahohichniy universytet imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii Biologhiia.* 2, 193–197 (in Ukrainian).
- Krushelnyska, O.V. (2014). Vplyv zabrudnenosti stavovoi vody na bilkovyi obmin koropa. *Naukovyj visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho.* 16, 3(60), 3, 327–334 (in Ukrainian)
- Kushakovskiy, M.S. (1968). *Klynycheskye formy povrezhdeniya hemohlobyna*. L.: Medytsyna (in Ukrainian).
- Kutsenko, S.A. (2002). *Osnovy toksikologii* (in Ukrainian).
- Levkovych, S.R., Panas, N.Ie. (2012). Dynamika hematolohichnykh pokaznykiv za toksykatsii tovstoloba ionamy kadmiu. *Nauk.-tekhn. biul. In-tu biolohii tvaryn ta Derzh. n.-d. kontrol. in-tu vetpreparativ ta korm. dobavok.* 13(1/2), 339–342 (in Ukrainian)
- Levkovych, S.R. (2012). Vplyv ioniv plumbumu na hematolohichni pokaznyky v orhanizmi biloho tovstolobyka (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Nauk.-tekhn. biul. In-tu biolohii tvaryn ta Derzh. n.-d. kontrol. in-tu vetpreparativ ta korm. dobavok.* 13(3/4), 246–249 (in Ukrainian).
- Makashev, K.K. (1972). O roly narushenyi obmennykh protsessov pry saturnyzme. *Vopr. hyh. truda y prof. zab.* Alma-Ata. 13, 8–10 (in Russian).
- Mizrahi, L., Achituv, J. (1989). Effect of heavy metals ions on enzymes activity in the mediterranean mossel, *Donax trunculus*. *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.* 42, 854–859.
- Nazaruk N.V., Gutyj, B.V., Gufrij, D.F. (2015). Vplyv metifenu ta vitamixu se na aktyvnist' aminotferaz syrovatky krovi bychkiv za nitratno-kadmijevoho navantazhennja. *Naukovyj visnyk L'viv'skogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotekhnologii im. G'zhyckogo.* 17, 1(1), 121–126 (in Ukrainian).
- Popova, E.M., Koshchii, I.V. (2007). Lipidy yak komponent adaptatsii ryb do ekolohichnoho stresu // *Rybohospodarska nauka Ukrainy.* 1, 49–56 (in Ukrainian).
- Snitynskyi, V.V., Levkovych, S.R. (2013). Kontsentratsiia bilka ta spivvidnoshennia okremykh bilkovykh fraktsii v syrovatci krovi u dvorichnykh osobyn biloho tovstolobyka (*Hypophthalmichthys molitrix*) za intoksykatsii ionamy kadmiu. *Nauk.-tekhn. biul. In-tu biolohii tvaryn ta Derzh. n.-d. kontrol. in-tu vetpreparativ ta korm. dobavok.* 14(1/2), 319–322 (in Ukrainian).
- Suhomlinov, B.F., Zababurina, M.L., Vasileva, V.A. (1990). Strukturnyie, funktsionalnyie i fiziko-himicheskie svoystva gemoglobinov foreli *Salmo irideus* i vyuna *Misgurnus fossilis*. *Zhurnal evolyuts. biohim. fiziol.* 3, 298–303 (in Ukrainian).
- Romanenko, V.D. (2004). *Osnovy hydroekolohii*. Kyiv: Heneza (in Ukrainian).
- Ruparelia, S.G., Verma, Y.V., Menhta, N.S., Salyed, S.R. (1989). Lead-induced biochemical changes in freshwater fish *Oreochromis mossabiais*. *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.* 43, 310–314.
- Vinodhini, R., Narayanan, M. (2009). The impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.* 6(1), 23–28.

Стаття надійшла до редакції 17.03.2017