

ВАЖКІ МЕТАЛИ І МІКРОЕЛЕМЕНТИ В ОРГАНАХ Й ТКАНИНАХ ПРЕДСТАВНИКІВ ІХТІОФАУНИ МАЛИХ РІЧОК ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Розподіл Fe, Mn, Cu, Zn, Pb і Cd в органах і тканинах представників іхтіофауни малих річок Житомирського Полісся характеризується неоднорідністю і залежить як від фізико-хімічних властивостей важких металів, так і від функціональних особливостей органів і тканин риб. Максимальні кількості міді – 5,87–9,04 мг/кг і марганцю – 1,0–1,81 мг/кг концентруються у печінці і зябрах риби, цинку – 32,66–36,89 мг/кг – нирках і зябрах, кадмію – 0,024–0,050 мг/кг – печінці і нирках, заліза – 11,68–11,76 мг/кг і свинцю – 1,22–1,32 мг/кг – у шкірі і зябрах представників іхтіофауни. Підвищені концентрації практично всіх важких металів і мікроелементів зафіксовані у зябрах, які беруть безпосередню участь в обміні хімічними речовинами між водним середовищем і організмами риб. Наявна небезпека виникнення неканцерогенних ефектів за умови щоденного споживання риби, середній вміст свинцю в якій становить 0,96 мг/кг, а цинку – 29,11 мг/кг. При цьому, найбільша небезпека існує для виникнення гормональних порушень ($HQ = 5,65$), ураження репродуктивної і центральної нервової систем та виникнення вад розвитку ($HQ = 4,59$), ураження нирок ($HQ = 1,06$).

Ключові слова: вода, важкі метали, мікроелементи, органи і тканини риб, розподіл, забруднення, канцерогенний і неканцерогенний ризик.

Постановка проблеми

У сучасних екологічних умовах однією з найбільш гострих екологічних проблем, що стосуються гідросфери, є забруднення басейнів малих річок, які через незначні площі водозборів найбільш вразливі до негативного техногенно-антропогенного впливу. Відомо, що малі річки безпосередньо впливають на гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок, а в їхніх басейнах формується понад 60 % водних ресурсів України [9]. Особливо небезпечними за впливом на екологічну систему водних об'єктів є важкі метали, що відносяться

до класу консервативних забруднювальних речовин, які не використовуються та не розкладаються при міграції за трофічними ланцюгами гідроекосистем, мають токсичну, мутагенну й канцерогенну дію, значно знижують інтенсивність перебігу біохімічних процесів у водних об'єктах. Вони є забруднювачами водойм зростаючого значення, що зумовлено їх стійкістю у навколишньому середовищі, високою біологічною активністю і кумулятивною здатністю [8]. Прогресуюче забруднення малих річок важкими металами неминуче призводить до погіршення якості води у великих і середніх річках, створює серйозну небезпеку для здоров'я населення в багатьох регіонах України, зокрема й у Житомирському Поліссі, збільшує ризик негативного впливу на організм людини канцерогенних і мутагенних факторів [20].

Мікроелементи і важкі метали навіть у незначних концентраціях чинять негативну дію на фіто- і зоопланктон та акумулюються у донних відкладах, несприятливо впливаючи на бентосні організми [7]. Представники іхтіофауни займають верхній трофічний рівень у біоценозах водних екосистем і мають яскраво виражену здатність разом з іншими гідробіонтами накопичувати забруднювальні речовини, зокрема важкі метали. Саме з цієї причини конче необхідними стають дослідження з вивчення мікроелементного складу риб для забезпечення нормального функціонування як гідробіонтів на різних рівнях трофічного ланцюга, так і гідроекосистеми в цілому. Кумуляція шкідливих речовин тканинами риб створює загрозу й для організму людини з огляду на те, що риби є одним з компонентів харчового раціону населення і надмірний вміст забруднювальних речовин у рибопродуктах неминуче негативно позначиться на здоров'ї та безпеці людини як споживача такої продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Знання про кількісний вміст важких металів та особливості їх локалізації в органах і тканинах (насамперед у м'язовій) промислових риб мають важливе практичне значення і є предметом досліджень вчених як з близького [7, 14], так і далекого зарубіжжя [29 та ін.]. Досить інтенсивно дослідження щодо особливостей накопичення важких металів гідробіонтами проводяться й у країнах Африки [24], Південно-Східної Азії [28] й навіть Близького Сходу [23, 27]. В Україні цій проблемі присвячено також низку досліджень, проте вони проводилися або в межах великих водосховищ – Київського [4], Кременчуцького [2], Канівського [3], або на території об'єктів природно-заповідного фонду [18, 19]. Питання особливостей вмісту та розподілу важких металів в органах і тканинах представників іхтіофауни малих річок, зокрема на території Житомирського Полісся, залишилися переважно поза увагою дослідників. Виключення становлять лише роботи М. О. Клименка та О. О. Бедункової, які досліджували водні екосистеми малих річок Рівненської області [6].

Мета, завдання та методика досліджень

Метою досліджень стало виявлення загальних тенденцій розподілу мікроелементів і важких металів (заліза, марганцю, міді, цинку, свинцю та

кадмію) в органах й тканинах представників іхтіофауни малих річок Житомирського Полісся та оцінка ризиків для здоров'я населення від хімічних речовин, що надходять в організм внаслідок споживання риби. Завдання досліджень передбачали: 1) оцінити рівень забруднення важкими металами (Cu, Pb, Cd, Zn, Fe і Mn) води поверхневих водних джерел (малі річки Кам'янка, Звездаль, Глухівка, Мика); 2) оцінити рівень забруднення та визначити особливості акумуляції важких металів у різних органах і тканинах представників іхтіофауни малих річок; 3) визначити величину канцерогенного і неканцерогенного ризиків для здоров'я населення від хімічних речовин, що надходять в організм внаслідок споживання риби.

Дослідження проводили у червні-липні 2012–2015 рр. Представників іхтіофауни для аналізу відловлювали вудкою у таких місцях контрольних ловів: 1) р. Кам'янка, 0,4 км вище с. Ксаверів Малинського району; 2) р. Звездаль, 1,2 км нижче с. Базар Народицького району; 3) р. Глухівка, 0,6 км нижче с. Мала Рача Радомишльського району; 4) р. Мика, 0,5 км нижче с. Кичкирі Радомишльського району.

Предметом досліджень були статевозрілі представники таких видів: краснопірка звичайна (*Scardinius erythrophthalmus*) – вік 4–5 років, плітка звичайна (*Rutilus rutilus*) – вік 3–4 роки; лящ (*Abramis brama*) – вік 4–5 років; окунь звичайний (*Perca fluviatilis*) – вік 2–3 роки; верховодка звичайна (*Alburnus alburnus*) – вік 3 роки. Для встановлення видів риб користувалися визначником [15]. Вік риб визначали за лускою за загальноприйнятою методикою [12].

Відбір проб води здійснювали щороку згідно з ДСТУ ISO 5667-6-2001 «Якість води. Відбирання проб. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків» [5]. Оцінка якості води проводилася згідно з вимогами СанПіНу №4830-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» [17].

Дослідження проб води та зразків риби виконували на базі Житомирської обласної державної лабораторії ветеринарної медицини Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України. Вміст важких металів визначали у воді, м'язах, зябрах, печінці, нирках та шкірі досліджуваних видів риб. Проби води по 500 мл фіксували 2,5 мл азотної кислоти (марки х. ч.) і випаровували до об'єму 5–10 мл. Зразки органів та тканин риб масою близько 10 г висушували у сушильній шафі при температурі 108 °С до постійної маси. Потім виконували їх спалювання за методом мокрого озолування в азотній кислоті (марки х. ч.) протягом 12–18 год до повного знебарвлення суміші, в яку додатково додавали 5–6 краплин 30 %-го пероксиду водню (марки х. ч.) [21]. Кількісне визначення концентрації важких металів у воді та органах і тканинах риб здійснювали прямим усмоктуванням розчину у пропан-бутан-повітряне полум'я за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра марки С-115М.

Оцінку величини канцерогенного і неканцерогенного ризику виконували за загальноприйнятими методиками [10, 16], використовуючи стандартну формулу розрахунку середньодобової дози надходження хімічних речовин із харчовими продуктами. При цьому, частку місцевих потенційно забруднених продуктів у добовому раціоні характеризували коефіцієнтом F, величину якого приймали рівною 1 (крайня міра).

Статистична обробка експериментальних даних проведена з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel та Statistica 10.0.

Результати досліджень

Переважає більшість річок Житомирського Полісся в тій чи іншій своїй частині протікає у межах Українського кристалічного щита, де кристалічні породи, граніти, габро, габронорити з відносно невеликими запасами мікроелементів переkritі бідними осадовими породами воднольодовикового походження супіщаного і піщаного гранулометричного складу. Саме тому води цих річок у період літньо-осінньої межени містять невеликі кількості мікроелементів і важких металів (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст важких металів у воді малих річок Житомирського Полісся, середнє за 2012–2015 рр.

Назва водного об'єкта та кількість проаналізованих проб	Вміст елемента, мг/дм ³					
	Cu, $\mu \cdot 10^{-2}$	Pb, $\mu \cdot 10^{-2}$	Cd, $\mu \cdot 10^{-3}$	Zn, $\mu \cdot 10^{-2}$	Mn	Fe
р. Кам'янка, n=12	6,17±0,31	1,60±0,08	1,73±0,09	4,99±0,26	0,91±0,05	1,46±0,07
р. Звіздаль, n=12	4,76±0,25	1,47±0,06	1,24±0,06	4,83±0,24	0,78±0,04	2,26±0,12
р. Глухівка, n=12	1,18±0,07	1,82±0,09	1,97±0,14	4,19±0,31	0,72±0,04	0,93±0,06
р. Мика, n=12	1,05±0,05	2,88±0,17	1,84±0,09	3,48±0,15	0,69±0,03	0,76±0,05
ГДК	1,0	0,03	0,001	1,0	0,1	0,3

Виключення становлять лише залізо і марганець, вміст яких перевищував гранично допустиму концентрацію у воді усіх досліджуваних річок. Висока концентрація цих елементів у річковій воді є наслідком перетворення первинних мінералів на вторинні, у результаті чого відбувається вивільнення сполук заліза і марганцю, а також вимивання Fe і Mn із залізо-марганцевих конкрецій, значна кількість яких міститься в ілювіальному шарі дерново-підзолистих ґрунтів, зональних для регіону Полісся [9]. У цілому за період спостережень концентрація у воді міді, цинку, свинцю та кадмію виявлена у межах нормативних показників, хоча більші концентрації Cu, Zn, Fe і Mn були характерні для води річок Кам'янка і Звіздаль, тоді як Pb і Cd у більших концентраціях спостерігалися у воді річок Глухівка та Мика.

Проведені дослідження дозволили встановити особливості накопичення важких металів і мікроелементів, а також характер їх розподілу в органах і тканинах представників іхтіофауни з різним типом харчування (табл. 2). Середній вміст заліза в органах і тканинах досліджуваних видів риб варіював в межах 5,65–11,76 мг/кг сирової маси, досягаючи максимальних значень у зябрах і

шкірі, а у плітки – в нирках. Органи і тканини ляща за інтенсивністю поглинання Fe можна розташувати в такий спадаючий ряд: зябра > печінка > шкіра > нирки > м'язи; плітки і верховодки – шкіра > зябра > печінка > нирки > м'язи; краснопірки – нирки > печінка > шкіра > зябра > м'язи; окуня – зябра > печінка > нирки > м'язи > шкіра. Слід зазначити, що зябра, шкіра і нирки відіграють певну роль в обміні залізом між навколишнім середовищем і організмом, що, вочевидь, і пояснює підвищену його концентрацію в них. Риби здатні абсорбувати залізо безпосередньо з води через зябра, однак основним джерелом його надходження в їх організм є корм. Саме з цієї причини максимальний вміст заліза було зафіксовано в органах і тканинах краснопірки, яка за типом харчування відноситься до фіто- і планктофагів.

Марганець потрапляє в організм риб через зябра і кишківник, а рівень абсорбції його з води є досить високим [30]. Дане положення повністю підтверджується результатами наших досліджень. Концентрація марганцю в органах і тканинах досліджуваних представників іхтіофауни коливалася від 0,42 до 1,81 мг/кг сирової маси, а вміст його у воді досягав 0,69–0,91 мг/дм³ (див. табл. 1). Органи і тканини ляща за величиною вмісту марганцю розташовуються таким чином: зябра > печінка > нирки > шкіра > м'язи; плітки – зябра > шкіра > печінка > нирки > м'язи; краснопірки – нирки > зябра > шкіра > м'язи > печінка; верховодки – зябра > печінка > шкіра > нирки > м'язи; окуня – зябра > печінка > нирки > м'язи > шкіра. Максимум марганцю концентрується в зябрах і печінці досліджених представників іхтіофауни. Що стосується підвищеного вмісту Mn в зябрах, то цей факт можна пояснити тим, що основний обмін даного елемента між навколишнім середовищем і організмами риб здійснюється саме зябровими пелюстками. Про інтенсивне накопичення марганцю в зябрах прісноводних риб вказується і в інших дослідженнях [22]. Слід зауважити, що біологічна роль марганцю реалізується через ферменти, які активуються цим мікроелементом. Марганець активує обмін білків, жирів і вуглеводів, впливає на перебіг процесу фосфорно-кальцієвого обміну.

Таблиця 2. Вміст важких металів і мікроелементів в органах й тканинах представників іхтіофауни малих річок Житомирського Полісся, мг/кг сирової маси, середнє за 2012–2015 рр.

Місце вилуви	Тип харчування [24]	Назва елемента	Концентрація елемента				
			печінка	нирки	м'язи	шкіра	зябра
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Abramis brama, n=16</i>							
р. Глухівка, 0,6 км нижче с. Мала Рача; р. Мика, 0,5 км нижче с. Кичкирі	Зоофаг, бентофаг	Fe	18,57±1,42	11,38±0,87	8,74±0,67	14,48±1,14	20,31±1,55
		Mn	2,15±0,16	1,46±0,11	0,84±0,06	0,97±0,07	3,21±0,26
		Cu	5,87±0,45	1,34±0,10	0,81±0,08	1,96±0,15	1,04±0,08
		Zn	48,31±3,68	26,71±2,08	16,35±1,27	42,52±3,28	31,16±2,37
		Pb	0,59±0,04	0,50±0,06	0,76±0,05	1,25±0,12	1,02±0,08
		Cd	0,034±0,003	0,048±0,004	0,017±0,001	0,010±0,001	0,025±0,002

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Rutilus rutilus</i> , n=20							
р. Кам'янка, 0,4 км вище с. Ксаверів; р. Мика, 0,5 км нижче с. Кичкирі	Зоо- фітофаг, бенто- планктофаг	Fe	10,22±0,52	9,56±0,37	6,78±0,33	21,34±1,04	15,24±0,75
		Mn	0,92±0,04	0,57±0,03	0,11±0,01	1,12±0,05	1,27±0,06
		Cu	10,75±0,48	10,02±0,56	1,74±0,09	4,32±0,21	2,65±0,13
		Zn	24,41±1,19	43,77±2,15	10,63±0,54	22,81±1,23	41,52±2,14
		Pb	0,88±0,04	0,96±0,05	0,55±0,03	1,28±0,06	1,57±0,08
Cd	0,013±0,001	0,068±0,003	0,011±0,001	0,019±0,002	0,031±0,002		
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> , n=20							
р. Мика, 0,5 км нижче с. Кичкирі; р. Звездаль, 1,2 км нижче с. Базар	Фітофаг, планктофаг	Fe	16,48±0,86	22,41±1,16	8,52±0,45	14,73±0,77	10,04±0,52
		Mn	0,35±0,02	1,48±0,08	0,64±0,03	0,97±0,05	1,33±0,06
		Cu	4,56±0,24	9,52±0,48	1,83±0,10	11,29±0,59	2,78±0,15
		Zn	23,89±1,25	35,64±1,86	11,16±0,57	43,61±2,28	45,92±2,42
		Pb	0,92±0,05	1,34±0,07	0,58±0,03	1,21±0,06	1,65±0,09
Cd	0,024±0,001	0,081±0,004	0,015±0,001	0,020±0,002	0,037±0,003		
<i>Perca fluviatilis</i> , n=16							
р. Кам'янка, 0,4 км вище с. Ксаверів	Зоофаг, нектоно- бентофаг	Fe	5,05±0,25	4,27±0,21	2,48±0,15	1,07±0,05	8,51±0,43
		Mn	0,75±0,04	0,58±0,03	0,36±0,02	0,25±0,01	1,72±0,08
		Cu	11,24±0,55	10,13±0,46	5,44±0,27	8,52±0,39	10,45±0,52
		Zn	21,76±1,07	42,52±2,09	18,62±0,89	25,63±2,25	48,31±3,41
		Pb	0,83±0,04	0,66±0,03	0,42±0,02	0,80±0,04	0,97±0,05
Cd	0,028±0,002	0,014±0,001	0,010±0,001	0,017±0,001	0,021±0,001		
<i>Alburnus alburnus</i> , n=12							
р. Глухівка, 0,6 км нижче с. Мала Рача	Зоофаг, планктофаг	Fe	2,16±0,13	2,84±0,18	1,75±0,11	7,17±0,45	4,32±0,28
		Mn	0,85±0,06	0,26±0,02	0,14±0,01	0,58±0,04	1,52±0,09
		Cu	12,78±0,79	4,27±0,27	3,12±0,19	3,28±0,23	8,26±0,51
		Zn	29,54±1,84	14,65±0,95	13,28±0,82	27,52±1,74	17,53±1,12
		Pb	1,23±0,08	0,64±0,04	0,50±0,03	1,54±0,10	1,38±0,09
Cd	0,022±0,001	0,038±0,002	0,011±0,001	0,017±0,001	0,014±0,001		

Даний елемент, як кофактор ферментів, регулює також обмін ліпідів, що каталізують перетворення мевалонкової кислоти на сквален – вуглеводень тритерпенового ряду, і стимулюють синтез холестерину і жирних кислот у печінці [26]. Дані факти і пояснюють причину накопичення марганцю саме печінкою. Найбільші концентрації марганцю в організмах досліджених видів риб характерні для ляща, що пов'язано з характером його харчування, оскільки лящ не тільки зоо-, але й бентофаг.

Вміст міді в органах і тканинах представників іхтіофауни малих річок варіював у межах 2,59–9,04 мг/кг сирової маси. Органи і тканини ляща за інтенсивністю поглинання міді можна розташувати у такий спадаючий ряд: печінка > шкіра > нирки > зябра > м'язи; плітки – печінка > нирки > шкіра > зябра > м'язи; краснопірки – шкіра > нирки > печінка > зябра > м'язи; окуня і верховодки – печінка > зябра > нирки > шкіра > м'язи. Мідь необхідна риbam для синтезу еритроцитів, крім того, вона входить до складу протеїдів печінки і ряду окислювальних ферментів. Саме цим і пояснюється її велика кількість, що припадає на одиницю маси печінки риб. При середній концентрації міді 5,92

мг/кг маси тіла риби середній вміст її в печінці становить 9,04 мг/кг, що на 53 % більше, ніж в інших органах і тканинах. Крім того, у печінці плітки, верховодки і окуня вміст міді перевищував ГДК в 1,1–1,3 рази. На підвищену концентрацію міді саме у печінці прісноводних риб вказують і результати досліджень ряду українських [2, 4, 19] й російських [13] вчених. Максимальний вміст міді в органах і тканинах спостерігався у окуня.

Біологічна роль цинку в організмі риб обумовлена його участю в регуляції багатьох ланок обміну речовин у складі цинковмісних ферментів. Крім того, цинк залучений в обмін вітаміну А, встановлено також його непряму участь у підтримці стабільності мембран еритроцитів і обміні незамінних жирних кислот [30]. Концентрація цинку в органах і тканинах досліджуваних видів риб коливалася від 14,02 до 36,88 мг/кг сирової маси. За величиною його накопичення органи і тканини ляща й верховодки розташовуються так: печінка > шкіра > зябра > нирки > м'язи; плітки – нирки > зябра > печінка > шкіра > м'язи; краснопірки – зябра > шкіра > нирки > печінка > м'язи; окуня – зябра > нирки > шкіра > печінка > м'язи. Оскільки цинк входить до складу багатьох ферментів, його надлишок або нестача призводять до порушення всіх функцій ферментативних систем і пригнічення функціонального стану різних бар'єрних апаратів організму риб. В організмах досліджених представників іхтіофауни цинк відносно рівномірно розподіляється по органах і тканинах, а максимальний його вміст фіксується в нирках. Серед досліджуваних видів риб концентратором цинку виступає лящ.

Вміст свинцю в органах і тканинах риб змінювався в межах від 0,56 до 1,32 мг/кг сирової маси. Органи і тканини ляща за величиною його вмісту розташовуються у такій послідовності: шкіра > зябра > м'язи > печінка > нирки; плітки і краснопірки – зябра > шкіра > нирки > печінка > м'язи; верховодки – шкіра > зябра > печінка > нирки > м'язи; окуня – зябра > печінка > шкіра > нирки > м'язи. Свинець накопичується переважно в зябрах і шкірі досліджуваних видів риб, а у окуня – зябрах і печінці. Мінімальний рівень вмісту свинцю зафіксований у м'язах всіх досліджуваних видів риб, а максимальні його кількості концентруються у тілі краснопірки.

Концентрація кадмію в органах і тканинах представників іхтіофауни малих річок коливалася від 0,017 до 0,050 мг/кг сирової маси. Органи і тканини ляща за величиною вмісту цього металу розташовуються в такій спадаючий ряд: нирки > печінка > зябра > м'язи > шкіра; плітки – нирки > зябра > шкіра > печінка > м'язи; краснопірки – нирки > зябра > печінка > шкіра > м'язи; верховодки – нирки > печінка > шкіра > зябра > м'язи; окуня – печінка > зябра > шкіра > нирки > м'язи. Метаболізм кадмію тісно пов'язаний з метаболізмом цинку, тому він здатний замішувати його у багатьох життєво необхідних і важливих ферментативних реакціях. Вміст цього токсичного металу в організмі всіх досліджуваних видів риб не перевищував ГДК (0,2 мг/кг). Однак, з огляду на низьку здатність кадмію

до виведення з організму і високий ступінь його акумуляції в органах і тканинах риб, можна стверджувати, що він здатний викликати різні хронічні захворювання, а викликані його впливом пошкодження в органах є незворотними. Максимальні кількості кадмію концентрувалися переважно в нирках досліджуваних видів риб. Винятком став лише окунь, в організмі якого кадмій концентрувався у печінці. Деяко більші відносно інших досліджуваних видів кількості кадмію накопичувалися в організмі краснопірки.

Варто зазначити, що розподіл важких металів і мікроелементів в організмах представників іхтіофауни малих річок характеризується нерівномірністю і залежить від функціональних особливостей органів, їх кумулятивної активності та хімічних властивостей самого елемента. Зокрема, підвищені концентрації всіх досліджуваних металів зафіксовані в зябрах, які беруть безпосередню участь в обміні хімічними елементами між водним середовищем і організмами риб. Зябровий епітелій має досить значну діяльну поверхню і активно взаємодіє із зовнішнім середовищем, тому зябра фактично позбавлені захисту від впливу різних речовин, що знаходяться у воді, зокрема важких металів. Значна геохімічна спорідненість Zn і Cd зумовлює і подібність транспорту цих елементів в організм риб, де вони здебільшого концентруються в нирках. Особливе місце серед досліджуваних внутрішніх органів риб займає печінка, яка інтенсивно акумулює метали, насамперед марганець і мідь, перевершуючи за цим показником інші органи, будучи функціональним депо цих елементів та одночасно беручи участь у процесах детоксикації. Незначні кількості досліджуваних металів концентрувалися в м'язовій тканині. Однак, з огляду на те, що м'язи становлять значний відсоток від маси тіла риби, їх, як і печінку, можна віднести до депонуючих органів. У цілому, у всіх досліджуваних органах і тканинах представників іхтіофауни переважають залізо і цинк, а мінімальні концентрації характерні для свинцю і кадмію. Цей факт пояснюється, насамперед, інтенсивною акумуляцією в організмах риб елементів, які беруть активну участь у проходженні фізіологічних процесів.

Сучасна економічна ситуація, що склалася наразі в Україні, викликала збільшення інтересу населення до поповнення харчового раціону за рахунок дарів природи, зокрема риби. Однак невідомою лишається якість такої продукції, яка ніким не контролюється, тому вона є не лише джерелом додаткових продовольчих ресурсів, а й фактором канцерогенного і неканцерогенного ризику для населення за аналогією до ризику, встановленого для картоплі, овочів і мікологічної продукції [1, 25]. Неканцерогенний ризик оцінювали за величиною коефіцієнта небезпеки (HQ), який визначає допустимий рівень надходження хімічних речовин в організм людини, і який для заліза, марганцю, міді й кадмію не перевищував одиниці, що свідчить про низьку ймовірність розвитку негативних ефектів за рахунок щоденного надходження Fe, Mn, Cu, і Cd в організм людини протягом життя у результаті споживання риби (табл. 3).

Таблиця 3. Величина неканцерогенного ризику, обумовленого надходженням хімічних речовин при споживанні риби населенням

Назва елемента	Середньодобова доза I, мг/(кг/день)	Референтна доза при хронічному пероральному надходженні RfD, мг/кг	Коефіцієнт небезпеки, HQ	Органи й системи організму, що уражуються
Залізо	0,00548	0,3	0,018	Слизові оболонки, шкіра, кров, імунна система
Марганець	0,00054	14,0	0,000039	ЦНС, кров
Мідь	0,00327	0,019	0,17	Шлунково-кишковий тракт, печінка
Цинк	0,01607	0,0035	4,59	ЦНС, кров, вади розвитку, репродуктивна система, гормональні порушення
Свинець	0,00053	0,0005	1,06	Нирки, гормональні порушення
Кадмій	0,0000142	0,3	0,000047	Кров
Сумарний ризик	Коефіцієнт небезпеки HQ			
	HQ загальний			5,838
	HQ вади розвитку			4,59
	HQ шлунково-кишковий тракт			0,17
	HQ печінка			0,17
	HQ кров			0,0181
	HQ гормональні порушення			5,65
	HQ ЦНС			4,59
	HQ репродуктивна система			4,59
	HQ нирки			1,06
	HQ слизові оболонки			0,018
	HQ імунна система			0,018
HQ шкіра			0,018	

Однак, для свинцю і цинку цей показник був вищим за одиницю і становив, відповідно, 1,06 та 4,59. Даний факт свідчить про наявність небезпеки виникнення неканцерогенних ефектів за умови щоденного споживання риби, середній вміст свинцю в якій становить 0,96 мг/кг, а цинку – 29,11 мг/кг. При цьому, найбільша небезпека існує для виникнення гормональних порушень (HQ = 5,65), ураження репродуктивної і центральної нервової систем та виникнення вад розвитку (HQ = 4,59), ураження нирок (HQ = 1,06). З огляду на те, що надходження забруднювальних речовин в організм мешканців Поліського регіону здійснюється не тільки за рахунок вживання риби, а й за рахунок картоплі та овочів, вирощуваних ними на присадибних ділянках [29], ймовірність виникнення неканцерогенних ефектів буде зростати.

Оцінку канцерогенного ризику, під яким розуміють ймовірність збільшення частоти виникнення новоутворень у людей за рахунок перорального впливу хімічних канцерогенів, здійснювали шляхом розрахунку величин

індивідуального, популяційного та сумарного ризиків. Серед досліджуваних хімічних елементів були обрані речовини з доведеним канцерогенним ефектом – свинець і кадмій (табл. 4).

Таблиця 4. Величини індивідуального, популяційного і сумарного канцерогенних ризиків при пероральному надходженні хімічних речовин внаслідок споживання риби населенням

Назва канцерогенної речовини	Індивідуальний канцерогенний ризик ICR	Популяційний канцерогенний ризик PCR і кількість очікуваних випадків раку	Кількість населення, що проживає в зоні спостереження, осіб	Рівень індивідуального канцерогенного ризику	Щорічний внесок у загальну онкозахворюваність, осіб
Свинець	$2,5 \cdot 10^{-5}$	1,68	67300	низький	0,024
Кадмій	$0,5 \cdot 10^{-5}$	0,34		низький	0,005
Сумарний ризик	$3,0 \cdot 10^{-5}$	2,02		низький	0,029

Встановлено, що рівень індивідуального канцерогенного ризику від вживання в їжу риби протягом життя для свинцю становить 2,5 випадки на 100 тис. населення, а для кадмію – 0,5 випадки на 100 тис. населення, що за міжнародною критеріальною шкалою оцінюється як низький або допустимий ризик (рівень ризику, за якого, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення). Сумарний канцерогенний ризик за рахунок лише двох ідентифікованих канцерогенів становить 3,0 випадки виникнення онкологічних захворювань різної локалізації на 100 тис. населення. Проте слід зазначити, що у зв'язку зі стохастичним характером канцерогенного процесу, тривалим латентним періодом, відмінностями у віковій чутливості і складним характером часової і вікової залежності достовірності смерті людини точно передбачити терміни розвитку злоякісних новоутворень на основі наявної на сьогодні наукової інформації у популяції не представляється можливим.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1) вода малих річок Житомирського Полісся у період літньо-осінньої межени містить невеликі (за винятком Fe і Mn) кількості мікроелементів й важких металів, які не перевищують встановлених санітарно-гігієнічних і рибогосподарських ГДК, тому вміст важких металів в організмі риб визначається

процесами їх біоконцентрування; 2) Fe, Mn, Cu, Zn, Pb і Cd накопичуються у тих органах і тканинах організму риб, які безпосередньо контактують із навколишнім водним середовищем; 3) серед досліджених представників іхтіофауни концентратором заліза, свинцю і кадмію виступає краснопірка, марганцю і цинку – лящ, міді – окунь; 4) зябра і шкіра досліджених видів риб здатні накопичувати Fe і Pb, максимум Mn і Cu концентрується в зябрах і печінці, Zn – нирках і зябрах, Cd – печінці і нирках; 5) представники іхтіофауни малих річок не можуть виступати в якості екологічно безпечних компонентів харчового раціону населення, а їх споживання спричиняє зростання канцерогенного та неканцерогенного ризику захворюваності.

Подальші дослідження доцільно зосередити в напрямку встановлення особливостей накопичення важких металів у гідрофітах і донних відкладах.

Література

1. Білявський Ю. А. Канцерогенний та неканцерогенний ризик від споживання картоплі та овочів, що складають раціон населення сільських селітебних територій / Ю. А. Білявський, Т. М. Мислива // Вісник ЖНАЕУ – 2013. – № 2 (38), т. 1. – С. 56–65.
2. Видові особливості розподілу та накопичення важких металів в організмах риб-бентофагів Кременчуцького водосховища / А. П. Мельник, Н. М. Власова, О. М. Колос, О. В. Діденко // Рибогосподарська наука України. – 2013. – № 1. – С. 25–30.
3. Видові особливості розподілу та накопичення важких металів в органах і тканинах ляща (*Abramis brama* L.) та карася сріблястого (*Carassius auratus* L.) Канівського водосховища / А. П. Мельник, Н. М. Власова, Н. Г. Михайленко, О. Б. Гурбик // Рибогосподарська наука України. – 2012. – № 3. – С. 22–26.
4. Вміст та розподіл важких металів в органах і тканинах промислових видів риб Київського водосховища / А. П. Мельник, С. В. Курганський, Н. М. Власова, Н. Г. Михайленко // Рибогосподарська наука України. – 2009. – № 1. – С. 93–99.
5. ДСТУ ISO 5667-6-2001. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків (ISO 5667-6:1990, IDT) / пер. і наук.-техн. ред. Л. Юрченко [та ін.]. – К., 2002. – 10 с.
6. Клименко М. О. Міграція важких металів у харчових ланцюгах водних екосистем / М. О. Клименко, О. О. Бедункова // Вісник НУВГтаП. – 2006. – Вип. 2 (34), ч. 1. – С. 13–20.
7. Лобанова Т. А. Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб / Т. А. Лобанова // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2008. – № 1. – С. 18–21.
8. Мислива Т. М. Важкі метали у водах і торфах низинних боліт Житомирського Полісся / Т. М. Мислива // Вісник ХНАУ. – 2010. – № 4. – С. 195–203.

9. Мислива Т. М. Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся / Т. М. Мислива, І. С. Кот // Вісник ЖНАЕУ. – 2011. – № 2, т. 1. – С. 58–68.
10. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г. Г. Онищенко, С. М. Новиков, Ю. А. Рахманин [и др.] ; под ред. Ю. А. Рахманина, Г. Г. Онищенко. – М., 2002. – 408 с.
11. Павлов Д. С. Разнообразие рыб по характеру и способам питания (трофическая классификация рыб) : учеб. пособ. / Д. С. Павлов, А. О. Касумян. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 50 с.
12. Пилипенко Ю. В. Визначення віку риб по лусці, кістках, отолітах та промінню плавців : метод. вказівки для проведення лабор. занять для студентів спеціальності «Водні біоресурси і аквакультура» / Ю. В. Пилипенко, Б. І. Праворотов. – Херсон, 1996. – 14 с.
13. Пономарев С. В. Физиологические основы создания полноценных комбинированных кормов с учетом этапности развития организма лососевых и осетровых рыб / С. В. Пономарев, Е. А. Гамыгин, А. Н. Канидьев // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2010. – № 10. – С. 132–139.
14. Попов П. А. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби / П. А. Попов, Н. В. Андросова // Вестн. Томского гос. ун-та. Сер. «Биология». – 2014. – № 4 (28). – С. 108–122.
15. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
16. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Ю. А. Рахманин, С. М. Новиков, Т. А. Шашина [и др.]. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
17. СанПіН №4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М., 1988. – 68 с.
18. Ситник Ю. М. Важкі метали в організмі молоді риби озер Шацького національного природного парку / Ю. М. Ситник / Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах : матеріали ІV Міжнар. наук. конф. – Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2007. – С. 164–166.
19. Ситник Ю. М. Еколого-токсикологічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку. Важкі метали в органах та тканинах риб *Stizostedion lucioperca* L. та *Abramis brama* L. / Ю. М. Ситник // Заповідна справа в Україні. – 2010. – Т. 16, вип. 2. – С. 95–98.
20. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
21. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ / И. Хавезов, Д. Цалев. – Л. : Химия, 1983. – 144 с.
22. Янович Н. Є. Роль мікроелементів у життєдіяльності ставкових риб / Н. Є. Янович, Д. О. Янович // Наук. вісн. ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. – 2014. – Т. 16, № 2 (59), ч. 2. – С. 345–372.

23. Al-Weher M. Levels of heavy metal Cd, Cu and Zn in three fish species collected from the Northern Jordan Valley / M. Al-Weher // *Jordan Journal of Biological Sciences*. – 2008. – Vol. 1. – P. 41–46.

24. Assessment of heavy metals in water, fish and sediments from UKE Stream, Nasarawa State, Nigeria / O. D. Opaluwa, M. O. Aremu, L. O. Ogbo [and al.] // *Current World Environment*. – 2012. – Vol. 7 (2). – P. 213–220.

25. Bilyavskij Y. Quality monitoring of edible macromycetes growing in an ecological conditions of Zhytomyr Polissia region / Y. Bilyavskij, T. Myslyva // *Вісник ЖНАЕУ*. – 2014. – № 2 (42), т. 1. – С. 3–12.

26. Church D. C. Basic animal nutrition and breeding / D. C. Church, W. G. Pond. – 3rd ed. – New York : John Wiley and sons, 1988. – P. 181–210.

27. Levels of heavy metals (cadmium, chromium, copper and lead) on water and selected tissues of *Oreochromis mossambicus* from different locations of Malir river, Karachi / R. Sharmeen, M. Zaheer Khan, G. Yasmeen, S. Ali Ghalib // *Canadian Journal 3012 of Pure and Applied Sciences*. – 2014. – Vol. 8, № 3. – P. 3011–3018.

28. Lobus N. V. Mercury concentration in ecosystem components in water bodies and streams in Khanh Hoa Province (Central Vietnam) / N. V. Lobus, V. T. Komov, N. T. H. Thanh // *Water Resources*. – 2011. – 38 (6). – P. 799–805.

29. Rajkowska M. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland / M. Rajkowska, M. Protasowicki // *Environ. Monit. Assess.* – 2013. – Vol. 185 (4). – P. 3493–3502.

30. Watanabe T. Trace minerals in fish nutrition / T. Watanabe, V. Kiron, H. Satoh // *Aquaculture*. – 1997. – V. 151, № 1. – P. 185–207.
