

Poziom kadmu, niklu i cynku u narybku karpia hodowanego w wodach zrzutowych Elektrowni Dolna Odra*)

EWA BRUCKA-JASTRZĘBSKA, MIKOŁAJ PROTASOWICKI*

Katedra Fizjologii Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego, al. Piastów 40 B, 71-065 Szczecin

*Katedra Toksykologii Wydziału Nauk o Żywności i Rybactwa AR, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-424 Szczecin

Brucka-Jastrzębska E., Protasowicki M.

Level of cadmium, nickel and zinc in fry of common carp breeding in the dropping waters of the Dolna Odra hydroelectric power station

Summary

The aim of this study was to determine the influence of refrigerate (post cooling) dropping waters on selected levels of elements in 3-month-old common carp organs and tissues at the Dolna Odra hydroelectric power station. Investigations took place twice: in the spring and autumn. The level of cadmium, nickel and zinc was examined in this study. Selected levels of elements were elevated with reference to the required standards of first and second-class quality waters. The content of the selected elements was compared with their level in the Odra River water. Based on the obtained results we claim that selected element levels were within the physiological standard range for this species. The water for breeding carp was in the second quality class and fulfills the European standards of common carp breeding.

Keywords: carp, heavy metals, dropping waters

Związki metali występujące we wszystkich naturalnych wodach oraz zbiornikach sztucznych są najczęściej pochodzenia antropogenicznego. Niektóre metale, takie jak: cynk, miedź, żelazo, kobalt i nikiel, pełnią ważne funkcje metaboliczne w żywych organizmach zamieszkujących zarówno środowisko wodne, jak i lądowe (6, 10). W wodach zanieczyszczonych stężenia tych metali, a także innych, nie pełniących w organizmie żadnych funkcji, takich jak: kadm, ołów czy rtęć, mogą wzrastać do poziomu wartości szkodliwych. Toksyczny wpływ metali na różne narządy i tkanki polega na uszkodzeniu ich struktury i zaburzeniu funkcji, który może odzwierciedlać się w zmianach poziomu jonów, parametrów hematologicznych i enzymów (8).

Karp *Cyprinus carpio* L. pochodzi z Azji Środkowej i rejonu Morza Kaspijskiego. Jest to słodkowodna ryba stawowa, która charakteryzuje się dużą wytrzymałością i wysoką tolerancją na zmieniające się warunki hodowli, i przez to stanowi doskonały materiał do badań naukowych.

Do hodowli ryb karpowatych i łososiowatych wykorzystuje się często zrzutowe wody pochłodnicze. Działania takie od wielu lat są prowadzone w odbiorniku wód pochłodniczych pochodzących z Elektrowni Dolna Odra w województwie zachodniopomorskim. Pochłodnicze wody zrzutowe z elektrowni zawierają śladowe ilości substancji toksycznych, w tym również kadmu i niklu,

*) Badania realizowano w ramach promotorskiego grantu KBN nr 3 PO4E 030 22.

które mieszczą się w granicach dopuszczalnych norm (14, 16). Wody te są zbierane w kanale zrzutowym, a następnie odprowadzane do Odry. W związku z panującą przez cały rok stabilną temperaturą wody, która mieści się w przedziale 20-24°C, akwen ten stwarza odpowiednie warunki do całorocznej hodowli ryb. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) prowadzi przez cały czas badania monitoringowe rzeki Odry i wód pochłodniczych odprowadzanych z Elektrowni Dolna Odra pod kątem ich ewentualnego zanieczyszczenia substancjami organicznymi i nieorganicznymi (14). Badania przeprowadzone przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (14) potwierdzają, że w wodach pochłodniczych pochodzących z Elektrowni Dolna Odra oraz w wodach spływających do Odry z przyległego do elektrowni odcinka znajdują się śladowe ilości substancji toksycznych, w tym również kadmu, niklu i cynku, które mieszczą się w granicach dopuszczalnych norm (8, 9, 13). Ocena stanu czystości wód Odry i wód zrzutowych z Elektrowni Dolna Odra prowadzona przez WIOŚ wykazała, że we wszystkich badanych zbiornikach wodnych stojących i płynących były zachowane normy dla wód II i III klasy czystości (kategoria A3) (14, 18). Dane monitoringowe WIOŚ (14), przedstawione w raporcie o stanie środowiska przyrodniczego województwa zachodniopomorskiego w latach 2002-2003 informują, że dopuszczalne normy jakości dla wód stanowiących środowisko życia ryb najczęściej były nieznacznie przekraczane dla stężeń fosforu ogólnego i azotu azotynowego. Wody przebadanych

rzek województwa zachodniopomorskiego charakteryzowały się przede wszystkim zbyt niskim natlenieniem. Nie zanotowano natomiast przekroczenia dopuszczalnych stężeń dla zawartości metali ciężkich, w tym kadmu, niklu i cynku (14). Dane zawarte w piśmiennictwie informują o poziomie metali ciężkich i biopierwiastków w tkankach i narządach karpi (4, 5, 11, 12, 19, 23, 25, 26) oraz innych gatunków ryb słodkowodnych (1, 6, 19, 21) w różnym okresie wzrostu. Brak jest natomiast takich danych na temat zawartości metali ciężkich w tkankach ryb hodowanych w wodach zrzutowych i kanałach pochłoniczych.

Celem badań było określenie zawartości kadmu, niklu i cynku w różnych narządach i tkankach u narybku karpi w okresie ich wzrostu (3.-5. miesiąc życia) hodowanych w zrzutowych wodach pochłoniczych pochodzących z Elektrowni Dolna Odra z uwzględnieniem pór roku.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na 240 karpach. Ryby pochodziły ze stacji doświadczalnej Akademii Rolniczej w Szczecinie, która znajduje się przy Elektrowni Dolna Odra w Nowym Czarnowie. Masa pojedynczych ryb wynosiła $113,5 \pm 25,2$ g, a długość $18,85 \pm 1,35$ cm. W chwili rozpoczęcia badań karpie miały 3 miesiące, a na zakończenie 5 miesięcy. Ryby były karmione granulatem paszowym Aller Aqua o zawartości 37% białka i 12% tłuszczu. Ryby w stacji doświadczalnej są hodowane w kanałach zrzutowych zaopatrywanych w wodę pochłoniczą pochodzącą z elektrowni. Materiał do badań pobrano w dwóch sezonach: wiosną i jesienią, na początku każdego miesiąca. Na wiosnę materiał pobrano w kwietniu, maju i czerwcu, a jesienią w październiku, listopadzie i grudniu. Z każdej ryby do analiz chemicznych pobrano próbki następujących narządów i tkanek: wątroba, przednia i środkowo-końcowa część przewodu pokarmowego, nerki, skrzela, skóra i mięśnie grzbietowe. Materiał zamrażano i do rozpoczęcia analiz chemicznych przechowywano w temperaturze -20°C .

Próbki narządów o masie 1 g zmineralizowano na mokro w stężonym HNO_3 w piecu mikrofalowym CEM MDS 2000. Uzyskany roztwór przeniesiono ilościowo do polietylenowych buteleczek i dopełniono wagowo wodą dejonizowaną do masy 30 g. Tak przygotowane próbki poddano analizie na zawartość kadmu, niklu i cynku. Kadm oznaczono metodą bezplómiennowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (GF-AAS) w aparacie firmy Perkin Elmer typ ZL 4110. Nikiel i cynk oznaczano przy użyciu emisyjnej spektrometrii

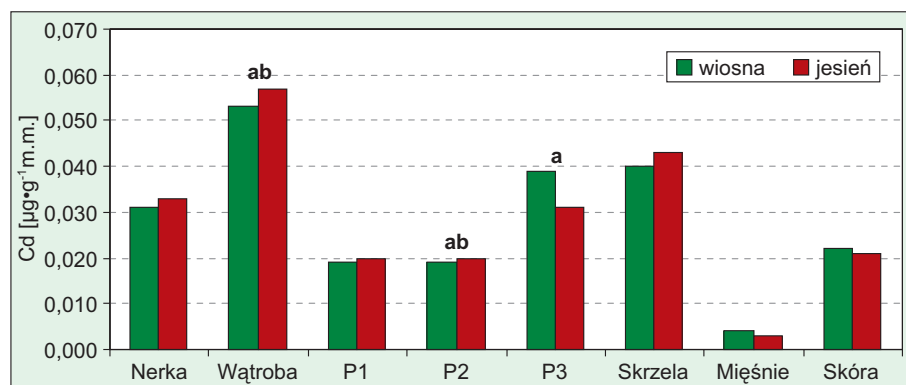
atomowej w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-AES) w aparacie Jobin Yvon. Zawartość poszczególnych pierwiastków podano w $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ mokrej masy ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.).

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy pomocy programu Statistica 6.0. Wykonano analizę wariancji (Anova, test Scheffego) na poziomie istotności $p \leq 0,05$ i $p < 0,001$.

Tab. 1. Zawartość kadmu w tkankach i narządach karpi (n = 40)

Narządy	Pora roku	Cd ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.)				istotność zmian w czasie wewnątrz grup	współczynnik korelacji (r^2)
		średnia	mediana	min.	max.		
Mięśnie	Wiosna	0,004	0,004	0,002	0,006	-	-
	Jesień	0,003	0,002	0,002	0,005	-	-
Wątroba	Wiosna	0,052	0,050	0,041	0,064	+	0,339 ^a
	Jesień	0,055	0,054	0,044	0,067	+	0,402 ^b
Nerki	Wiosna	0,032	0,031	0,023	0,045	+	-
	Jesień	0,030	0,029	0,021	0,046	-	-
P1	Wiosna	0,031	0,030	0,024	0,045	-	-
	Jesień	0,027	0,026	0,022	0,036	-	-
P2	Wiosna	0,019	0,018	0,014	0,031	+	0,778 ^a
	Jesień	0,018	0,018	0,016	0,025	+	0,754 ^b
P3	Wiosna	0,043	0,040	0,032	0,065	+	0,677 ^a
	Jesień	0,035	0,035	0,026	0,051	+	
Skóra	Wiosna	0,022	0,022	0,018	0,028	-	-
	Jesień	0,021	0,021	0,019	0,028	-	-
Skrzela	Wiosna	0,041	0,043	0,031	0,053	+	-
	Jesień	0,036	0,036	0,025	0,045	-	-

Objaśnienia: P1 – cały przewód pokarmowy; P2 – przednia część przewodu pokarmowego; P3 – środkowo-końcowa część przewodu pokarmowego; m.m. – mokra masa; + zmiany statystycznie istotne w czasie; - zmiany statystycznie nieistotne w czasie ($0 \leq 0,05$); a – statystycznie istotne różnice w poziomie kadmu między wiosną a jesienią na poziomie istotności $p \leq 0,05$; b – statystycznie istotne różnice w poziomie kadmu między wiosną a jesienią na poziomie istotności $p \leq 0,01$



Ryc. 1. Zmiany stężenia kadmu w badanych narządach karpi w okresie wiosny i jesieni

Objaśnienia: P1 – cały przewód pokarmowy; P2 – przednia część przewodu pokarmowego; P3 – środkowo-końcowa część przewodu pokarmowego; m.m. – mokra masa; a – statystycznie istotne różnice w poziomie kadmu między wiosną a jesienią na poziomie istotności $p \leq 0,05$; b – statystycznie istotne różnice w poziomie kadmu między wiosną a jesienią na poziomie istotności $p \leq 0,01$

Wyniki i omówienie

Poddane ocenie pierwiastki (Cd, Ni, Zn) są pobierane ze środowiska przez ryby, niezależnie od zapotrzebowania za pomocą skrzelii, przewodu pokarmowego i skóry. Następnie za pośrednictwem krwi są rozprowadzane po całym organizmie, wychwytywane i akumulowane przez różne narządy i tkanki. Kadm nie pełni w przemianach metabolicznych znaczącej roli, co więcej, pierwiastek ten należy do grupy skrajnych toksykantów o działaniu embriotoksycznym, teratogennym, mutagennym i karcinogennym (6). Natomiast nikiel i cynk należą do pierwiastków niezbędnych dla prawidłowego przebiegu funkcji metabolicznych, ale po przekroczeniu dopuszczalnych stężeń wykazują również działanie toksyczne. Na stężenie badanych pierwiastków wpływa sposób ich pobierania, metabolizm, a także drogi i tempo usuwania z organizmu.

Średnie stężenie kadmu w badanych narządach i tkankach karpia kształtowało się w przedziale $0,003 \pm 0,055 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m. Najniższą średnią zawartość kadmu oznaczono w mięśniach ($0,003 \pm 0,001 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.), przewodzie pokarmowym i skrzelach, a najwyższą w wątrobie ($0,055 \pm 0,007 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.) (ryc. 1). Statystycznie istotne zmiany w poziomie kadmu stwierdzono w przedniej i środkowo-końcowej części przewodu pokarmowego oraz wątrobie między porami roku (tab. 1). Natomiast w pozostałych narządach nie wykazano statystycznie istotnych różnic w poziomie kadmu w badanych tkankach ryb w zależności od pory roku. Kadm kumulował się w badanych narządach i tkankach karpia w następującej kolejności: wątroba > skrzelia > środkowo-końcowa część przewodu pokarmowego > nerki > skóra > przednia część przewodu pokarmowego > mięśnie. Poziom kadmu w tkankach karpia hodowanych w wodach pochodniczych Elektrowni Dolna Odra był porównywalny z wartościami otrzymanymi przez innych autorów dla ryb karpioyatych hodowanych w naturalnych zbiornikach wodnych w różnych okresach wzrostu ryb (19, 23). Przeprowadzone w ostatnich latach badaniach (6, 9, 11, 12) nad zawartością kadmu w tkankach i narządach karpia w różnym okresie wzrostu, wykazały porównywalną zawartość jak u karpia hodowanych w wodach pochodniczych (ryc. 1).

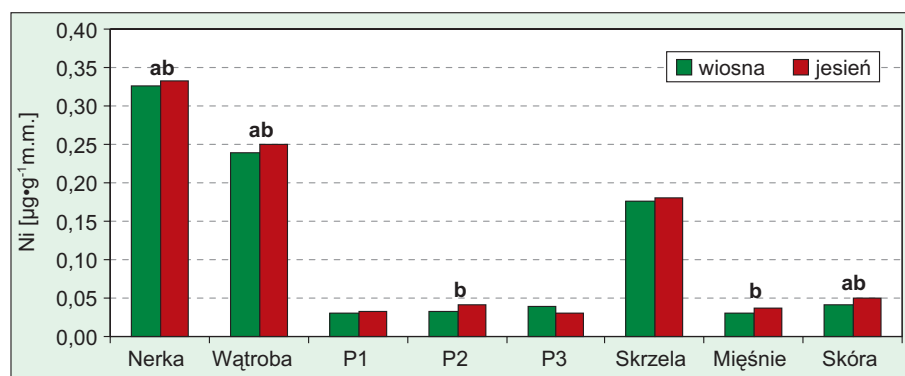
Kadm jest pierwiastkiem silnie toksycznym dla ryb, a także człowieka, ponieważ jest łatwo wchłaniany przez organizm. Dopuszczalne stężenie kadmu w wodach pitnych większości krajów, w tym również i Polski, zostało

ustalone na poziomie $5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, a dopuszczalna zawartość w ściekach odprowadzanych do wód wynosi $100 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (7, 16). Poziom zanieczyszczeń toksycznych mieszczący się w granicach dopuszczalnych norm jest wynikiem stosowania odpowiednich systemów zabezpieczeń i prawidłowo prowadzonego procesu ochrony środowiska naturalnego. Dopuszczalna granica zawartości kadmu w wodach I klasy czystości w Polsce wynosi $5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (7, 16). Z powyższego można wywnioskować, iż stwierdzone w okresie jesiennym wyższe stężenie kadmu w wątrobie, nerkach i skrzelach jest spowodowane większą podażą kadmu w wodach płynących, wynikającą z letniego wzrostu ilości tego pierwiastka wpływającego wraz z wodami opadowymi. Natomiast w okresie wiosennym stężenie kadmu jest niższe, gdyż wody nie zgromadziły tak dużych ilości tego pierwiastka.

Tab. 2. Zawartość niklu w tkankach i narządach karpia (n = 40)

Narządy	Pora roku	Ni ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.)				istotność zmian w czasie wewnątrz grup	współczynnik korelacji (r^2)
		średnia	mediana	min.	max.		
Mięśnie	Wiosna	0,031	0,031	0,008	0,054	+	0,787 ^b
	Jesień	0,030	0,032	0,022	0,040	+	
Wątroba	Wiosna	0,243	0,223	0,165	0,363	+	0,973 ^a
	Jesień	0,240	0,218	0,199	0,374	+	
Nerki	Wiosna	0,326	0,321	0,219	0,370	+	0,904 ^a
	Jesień	0,330	0,339	0,267	0,370	+	
P1	Wiosna	0,032	0,032	0,021	0,040	-	-
	Jesień	0,035	0,033	0,026	0,044	-	
P2	Wiosna	0,023	0,022	0,017	0,035	+	0,683 ^b
	Jesień	0,024	0,024	0,018	0,031	+	
P3	Wiosna	0,041	0,042	0,023	0,056	-	-
	Jesień	0,040	0,045	0,028	0,056	+	
Skóra	Wiosna	0,042	0,042	0,029	0,068	+	1,000 ^a
	Jesień	0,041	0,040	0,030	0,050	+	
Skrzelia	Wiosna	0,175	0,174	0,138	0,068	-	-
	Jesień	0,187	0,182	0,163	0,220	-	

Objaśnienia: jak w tab. 1.



Ryc. 2. Zmiany stężenia niklu w badanych narządach karpia w okresie wiosny i jesieni

Objaśnienia: jak na ryc. 1.

Średnia zawartość nikiel w badanych narządach i tkankach karpki kształtowała się w przedziale $0,023 \div 0,330 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m. Najniższą zawartość oznaczono w mięśniach i całym przewodzie pokarmowym ($0,023 \pm 0,004 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.), a najwyższą w nerkach ($0,330 \pm 0,040 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.) (ryc. 2). Wykazano statystycznie istotne różnice w poziomie nikiel między okresem wiosennym a jesiennym w nerkach, wątrobie, przedniej części przewodu pokarmowego, skórze i mięśniach (tab. 2). Natomiast w pozostałych narządach nie wykazano statystycznie istotnych różnic w poziomie nikiel w badanych tkankach ryb w zależności od pory roku. W badanych narządach i tkankach karpki nikiel kumulował się w następującej kolejności: nerki > wątroba > skrzela > skóra > środkowo-końcowa część przewodu pokarmowego > mięśnie > przednia część przewodu pokarmowego.

Nikiel w przeciwieństwie do kadmu jest pierwiastkiem, który w ilościach śladowych jest niezbędny dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Nikiel pobierany z pożywieniem i wodą jest transportowany przez albuminy surowicy, a następnie wchłaniany i magazynowany w kompleksach białkowych z α -makroglobuliną, histydyną i plazminą. Pierwiastek ten ulega szybko eliminacji z organizmu na skutek procesu utlenienia. Zwiększone dawki nikiel powodują jednak wyraźny wzrost jego zawartości w niektórych organach (tkanka tłuszczowa, mięśnie i kości), czemu towarzyszy działanie toksyczne (5, 8, 19). Dopuszczalne stężenie nikiel w wodach pitnych Polski ustalono na poziomie $30 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (14, 17). Pozytywną rolę nikiel w organizmie ludzi oraz zwierząt wykazano stosunkowo niedawno, przy czym objawy niedoboru stwierdzono tylko w warunkach doświadczalnych, po obniżeniu jego stężenia w paszy poniżej $0,04 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (5, 19). Poziom metali szkodliwych na przykładzie nikiel w organizmie karpki zależy w dużej mierze od sposobu hodowli ryb, wód, w jakich przebywają, oraz od pory roku i rodzaju paszy, jaką są karmione. W badaniach przeprowadzonych na rybach słodkowodnych przez innych autorów (5, 19, 23), wykazano zbliżone zawartości nikiel w stadium K1 i K2. Szybkość toksycznego oddziaływania metali ciężkich związana jest również z funkcją transportującą krwi, która rozprawdza je po całym organizmie. Nikiel występuje w tkankach ssaków lądowych w stężeniu $1-3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Natomiast organizmy morskie zdolne są kumulować nawet do $40 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, a w tkankach ryb pochodzących z rzek zanieczyszczonych nikiel jego zawartość przekracza

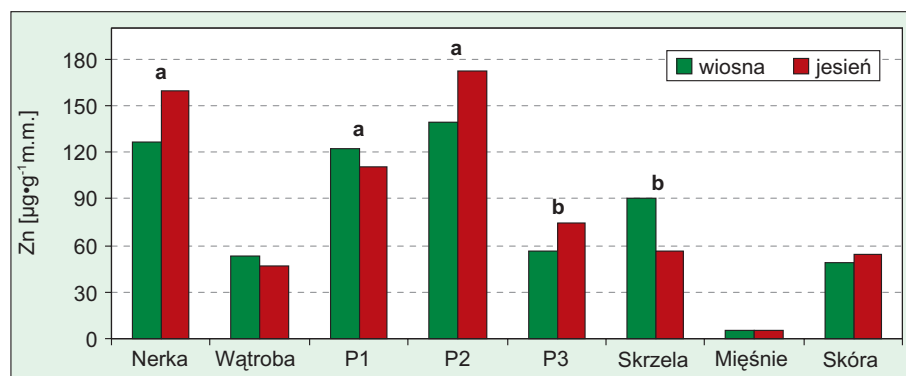
$10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ świeżej masy (8, 21). Niewielkie wahania poziomu nikiel w badanych narządach odpowiadają względnie stałemu przez cały rok stężeniu tego pierwiastka w wodach płynących. Natomiast obecność różnic statystycznie istotnych pomiędzy okresem wiosennym a jesiennym jest prawdopodobnie wynikiem zmian tempa metabolizmu badanych ryb.

Średni poziom cynku w badanych tkankach kształtował się w przedziale $4,86 \div 172,72 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m. Najniższą zawartość oznaczono w mięśniach ($4,86 \pm 0,6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.), a najwyższą w nerkach ($172,72 \pm 16,3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.) (ryc. 3). Statystycznie istotne różnice w poziomie cynku między okresem wiosennym i jesiennym stwierdzono w przedniej i środkowo-końcowej części przewodu pokarmowego oraz skrzelach. Natomiast w pozostałych narządach nie stwierdzono statystycznie istotnych

Tab. 3. Zawartość cynku w tkankach i narządach karpki (n = 40)

Narządy	Pora roku	Zn ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ m.m.)				istotność zmian w czasie wewnątrz grup	współczynnik korelacji (r^2)
		średnia	mediana	min.	max.		
Mięśnie	Wiosna	4,9	4,9	3,9	6,6	-	-
	Jesień	4,8	4,8	4,3	5,7	-	
Wątroba	Wiosna	45,6	45,1	35,2	64,5	+	-
	Jesień	50,0	47,4	36,7	70,2	+	
Nerki	Wiosna	151,2	153,0	127,6	172,8	+	0,787 ^a
	Jesień	172,7	173,1	143,1	197,3	+	
P1	Wiosna	100,1	100,1	80,4	123,1	+	0,768 ^a
	Jesień	94,1	93,4	86,1	103,5	+	
P2	Wiosna	142,2	138,7	128,4	186,0	+	-0,406 ^a
	Jesień	133,9	135,2	116,8	145,2	+	
P3	Wiosna	57,9	58,2	21,4	77,6	+	0,765 ^b
	Jesień	54,3	55,3	41,8	73,0	+	
Skóra	Wiosna	54,7	54,9	44,1	66,3	-	-
	Jesień	52,9	52,7	42,0	61,3	-	
Skrzela	Wiosna	53,8	55,4	38,9	66,6	-	-0,433 ^b
	Jesień	61,7	60,3	41,0	86,8	+	

Objaśnienia: jak w tab. 1.



Ryc. 3. Zmiany stężenia cynku w badanych narządach karpki w okresie wiosny i jesieni

Objaśnienia: jak na ryc. 1.

różnic między materiałem pobranym wiosną i jesienią (tab. 3). Zawartość cynku w nerkach i przewodzie pokarmowym na wiosnę była o około 18% niższa niż jesienią, a w skrzelach obserwowano wzrost poziomu cynku w okresie wiosennym. Cynk kumulował się w badanych narządach i tkankach karpia w następującej kolejności: przednia część przewodu pokarmowego > nerki > skrzel > środkowo-końcowa część przewodu pokarmowego > skóra > wątroba > mięśnie. Cynk akumulowany jest przez tkanki ryb w niewielkim stopniu, ponieważ jest zatrzymywany w skrzelach, gdzie odkłada się w znacznych ilościach (8, 24). Można to tłumaczyć jego mniejszym niż pozostałych metali (kadm, nikiel) wnikaniem do krwi ryb. Natomiast pojawiające się zmiany w poziomie cynku w badanych tkankach są wynikiem jego powinowactwa do błon erytrocytów (3) i białek osocza (2), za pomocą których jest on transportowany. Cynk jest transportowany głównie jako kompleks albuminowo-cynkowy i cynkowo-makroglobulinowy, a wydalany jest przede wszystkim z kałem (70-80%).

U badanych karpia między 3. a 5. miesiącem poziom kadmu, niklu i cynku mieścił się w granicach fizjologicznych dla ryb karpiowatych, co zgodne jest z danymi piśmiennictwa (4, 5, 8-11, 24). Wartość fizjologiczna dla ryb jest wartością zróżnicowaną, ponieważ jest zależna od zmienności indywidualnej, wieku, sposobu chowu, żywienia i pory roku. Parametry charakteryzujące zdrowe ryby mogą się wahać w szerokich granicach, dlatego przyjęcie odpowiednich wartości fizjologicznych dla ryb jest znacznie trudniejsze niż w przypadku zwierząt stałocieplnych (1, 22). Z danych piśmiennictwa wynika również, że stopień akumulacji i wydalania ksenobiotyków, z poszczególnych narządów, nie jest jednakowy. Sreedevi i wsp. (20) eksponując karpie przez 4 doby na nikiel rozpuszczony w wodzie w stężeniu 20-70 mg · dm⁻³, uzyskali największą akumulację tego pierwiastka w skrzelach, a najmniejszą w wątrobie, mięśniach i nerce ryb. Natomiast Ray i wsp. (15) badali, w czterodniowym eksperymencie, prędkość odkładania się niklu w tkankach *Clarias batrachus*. Zauważyli oni największe stężenie niklu w nerkach > wątrobie > skrzelach > jelicie. U leszczy (*Abramis brama*), odłowionych w wodach Wisły, zawartość rtęci była najwyższa w wątrobie, jelicie, sercu i skrzelach (8, 10).

Organizm zwierzęcy dysponuje mechanizmami homeostazy, które umożliwiają tolerowanie niewielkich wahań poziomu większości pierwiastków, ale nadmiar lub niedobór jednego lub kilku z nich utrzymujący się przez dłuższy czas powoduje ostatecznie przekroczenie pojemności układu homeostatycznego i wystąpienie skutków toksycznych, które mogą prowadzić nawet do śmierci zwierzęcia.

Badanie poziomu związków toksycznych oraz biopierwiastków w tkankach ryb słodkowodnych pozwala szybko zaobserwować zmiany powstające w organizmie ryb. Zaburzenia w poziomie biopierwiastków w organizmach ryb, na skutek działania np. metali ciężkich pojawiają się najszybciej, nawet zanim pojawią się zmiany w zachowaniu się ryb oraz widoczne uszkodzenia. Ryby są bezpośrednio związane z wodą i jednocześnie stanowią znaczący element w pokarmie człowieka, a przez to mogą

być dla człowieka jednym ze źródeł ksenobiotyków, które wpływają niekorzystnie na funkcje życiowe.

Uzyskane wyniki, dotyczące poziomu kadmu, niklu i cynku w wybranych narządach i tkankach trzymiesięcznych karpia w odniesieniu do wyników uzyskanych przez innych autorów (4, 5, 12, 19, 23, 25), można traktować jako wartości prawidłowe dla ryb tego gatunku.

Piśmiennictwo

1. *Allan P.*: Effects of acute exposure to cadmium (II) chloride and lead (II) chloride on the hematological profile of *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Comp. Biochem. Physiol.* 1993, 105C, 213-217.
2. *Barron M., Adelman I.*: Nucleic acid protein content, and growth of larval fish sublethally exposed to various toxicants. *J. Fish Aquat. Sci.* 1984, 41, 141-150.
3. *Bettiger W. J., Spry D., Cockell K., Young Cho C., Hilton J.*: The distribution of zinc and copper in plasma, erythrocytes and erythrocytes membranes of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.* 1987, 87 C, 445-451.
4. *Brucka-Jastrzębska E., Protasowicki M.*: Elimination dynamics of cadmium, administered by a single intraperitoneal injection in common carp *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyol. Piscat.* 2004, 34, 167-180.
5. *Brucka-Jastrzębska E., Protasowicki M.*: Elimination dynamics of nickel, administered by a single intraperitoneal injection in common carp *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyol. Piscat.* 2004, 34, 181-192.
6. *Dobrzański Z., Kolacz R., Bodak E.*: Metale ciężkie w środowisku zwierząt. *Medycyna Wet.* 1996, 52 (9), 570-574.
7. Dyrektywa Rady nr 78/659/EWG z dnia 27 lipca 1978 w sprawie słodkich wód wymagających ochrony lub poprawy dla zachowania życia ryb.
8. *Jezińska B., Witeska M.*: Metal toxicity to fish. *Wyd. Akademii Podlaskiej, Siedlce* 2001.
9. *Knöchel A., Helios-Rybicka E., Meyer A.-K.*: Zanieczyszczenia rzeki Odry. Wyniki Międzynarodowego Projektu Odra (IOP). Universität Hamburg Print und Mail, Hamburg 2002.
10. *Kolacz R., Dobrzański Z., Bodak E.*: Bioakumulacja Cd, Pb i Hg w tkankach zwierząt. *Medycyna Wet.* 1996, 52 (11), 686-692.
11. *Protasowicki M., Chodyniecki A.*: Bioakumulacja Cd, Pb, Cu i Zn w karpia – *Cyprinus carpio* L. w zależności od stężenia w wodzie i czasu ekspozycji. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 1988, 133, 69-84.
12. *Protasowicki M.*: Bioakumulacja kadmu w wybranych narządach karpia – *Cyprinus carpio* L. – przy różnych sposobach intoksykacji. *Mat. Symp. Biochemia stosowana w naukach rolniczych. Szczecin* 1989, s. 80.
13. *Protasowicki M.*: Metale ciężkie w elementach ekosystemu ujścia Odry. *Ochrona Wód Bałtyku. Mat. sem. polsko-szwedzk., Szczecin* 1989a, s. 28-39.
14. Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w latach 2002-2003. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Szczecinie (wyd.).
15. *Ray D., Banerjee K., Chatterjee M.*: Bioaccumulation of nickel and vanadium in tissues of the Catfish *claris batrachus*. *J. Inorg. Biochem.* 1990, 38, 169-173.
16. Rozporządzenie Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 5.11.1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub ziemi. *Dz. U.* 1991, 116, 503, 1579-1583.
17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie warunków, jakie należy spełniać przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (*Dz. U.* z 2002 r. Nr 212, poz. 1799), wydane na podstawie ustawy Prawo wodne.
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 roku w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych. *Dz. U.* 2002, 176.
19. *Sobecka E.*: Wpływ niklu na organizm suma europejskiego *Silurus glanis* L. *Praca dokt. AR, Szczecin* 1998.
20. *Sreedevi P., Sivaramakrishna B., Suresh A., Radhakrishnaiah K.*: Effect of nickel on some aspects of protein metabolism in the gill and kidney of the freshwater fish, *Cyprinus carpio* L. *Environ. Poll.* 1992, 77 (1), 59-63.
21. *Thomas P., Wofford H.*: Effect of cadmium and Aroclor 1254 on lipid peroxidation, glutathione peroxidase activity, and selected antioxidants in Atlantic croaker tissues. *Aquat. Toxicol.* 1993, 27, 159-178.
22. *Thomas M. B., Thomas W., Hornstein T. W., Hedman S. C.*: Seasonal leukocytes and erythrocyte counts in fathead minnows. *J. Fish Biol.* 1999, 54, 1116-1121.
23. *Virk S., Kaur K.*: Impact of mixture of nickel and chromium on the protein content of flesh and liver of *Cyprinus carpio* during spawning, and post-spawning phases. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1999, 63, 499-502.
24. *Witeska M.*: Wpływ metali (Pb, Cu, Cd i Zn) na parametry hematologiczne i morfologię krwi karpia. *Rozprawa naukowa nr 72. Wydawnictwo Akademii Podlaskiej, Siedlce* 2003.
25. *Witeska M.*: Changes in selected blood indices of common carp after acute exposure to cadmium. *Acta Vet. Brno* 1998, 67, 289-293.
26. *Yoshitomi T., Koyama J., Iida A., Okamoto N., Ikeda Y.*: Cadmium-induced scale deformation in carp (*Cyprinus carpio*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1998, 60, 639-644.

Adres autora: dr Ewa Brucka-Jastrzębska, al. Piastów 40b, 71-065 Szczecin; e-mail: ewabrucka@poczta.onet.pl