



SUNKIŲJŲ METALŲ (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd) KAUPIMASIS EŠERIO *Perca fluviatilis* L. IR KUOJOS *Rutilus rutilus* (L.) AUDINIUOSE EKSPERIMENTO SĄLYGOMIS

Raimondas Leopoldas Idzelis¹, Vytautas Kesminas², Gintaras Svecevičius³, Vaidas Misius⁴

^{1,4}*Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

^{2,3}*Hidrobiontų ekologijos ir fiziologijos laboratorija, Vilniaus universiteto Ekologijos institutas,
Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius, Lietuva*

El. paštas:^{1,4}*aak@ap.vgtu.lt;* ²*v.kesminas@takas.lt;* ³*gintaras.Svecevicus@takas.lt*

Įteikta 2007 06 05; priimta 2008 07 02

Santrauka. Įvertintas sunkiųjų metalų pasiskirstymas gėlavandenių žuvų audiniuose monitoringiniuose vandens telkiniuose, taip pat ir kuojų bei ešerių, paveiktų sunkiųjų metalų didžiausiomis leidžiamosiomis koncentracijomis (DLK), audiniuose. Eksperimentiniai tyrimai atlikti su Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd, kurių kiekvienas pasižymi kancerogeniniu mutageniniu poveikiu. Nustatyta, kad švino DLK (0,2 mg/kg) buvo viršyta ešerių raumenyse 1,6 karto, o kuojų – 1,4 karto. Kadmio DLK (0,05 mg/kg) ešerių ir kuojų raumenyse buvo viršyta apie 1,2 karto. Taip pat nustatyta, kad ešeriai sunkiuosius metalus kaupia intensyviau nei kuojos. Eksperimentiniai duomenys sutampa su sunkiųjų metalų tyrimų monitoringiniuose vandens telkiniuose duomenimis. Žuvų audiniuose Pb ir Cd koncentracijos yra didžiausios ir dažnai viršija Lietuvos higienos normoje nurodytą DLK. Tokie rezultatai įpareigoja nuolat kontroliuoti sunkiųjų metalų kiekį žuvyse. Rezultatai pateikiami sunkiųjų metalų sklaidos pasiskirstymo grafikuose.

Reikšminiai žodžiai: žuvis, toksiškumas, mitybinė grandis, eksperimentiniai tyrimai, higienos norma.

1. Įvadas

Technogeninė natūralių ekosistemų tarša kelia daug problemų, ir jos padariniai yra sunkiai įvertinami. Viena iš tokių problemų – toksiniu poveikiu pasižyminčių junginių (sunkieji metalai, pesticidai ir kt.) atsiradimas ekosistemų mitybinėse grandinėse, lemiančių didėjančių mutabilumo lygį gamtinėse gyvūnų populiacijose. 75 % chemikalų, dideliais kiekiais patenkančių į aplinką, yra nepakankamai įvertinti (Environment... 1999; Butkus ir kt. 2008).

Natūralių ekosistemų organizmų ekotoksikologiniai tyrimai yra sparčiai plečiami, dažniausiai išsamiau yra tyrinėjamos hidroekosistemos. Tai, matyt, lemia didesnė teršalų kumuliacija ir biomagnifikacija hidrobiontuose (dažniausiai tiriami vandens bestuburiai ir žuvis), dėl to lengviau fiksuojami ekotoksiniai efektai (Europe's... 1998; Čepanko ir kt. 2006).

Sunkiųjų metalų dažniausiai aptinkama užterštose ekosistemose, įskaitant ir antropogenines bei natūralias ištakas (SCORECARD... 2005).

Į sunkiųjų metalų sąrašą patenka daug elementų, kurie yra būtini gyviesiems organizmams: geležis, kobaltas, cinkas, varis, manganas, molibdenas ir kt., tačiau didelės jų koncentracijos yra kenksmingos gyviesiems organizmams (Mažvila 2001).

Natūraliuose neužterštuose vandenyse sunkiųjų metalų ir kitų pavojingų biotai cheminių elementų kiekis būna nedidelis. Intensyvios taršos zonose dėl pakitusių

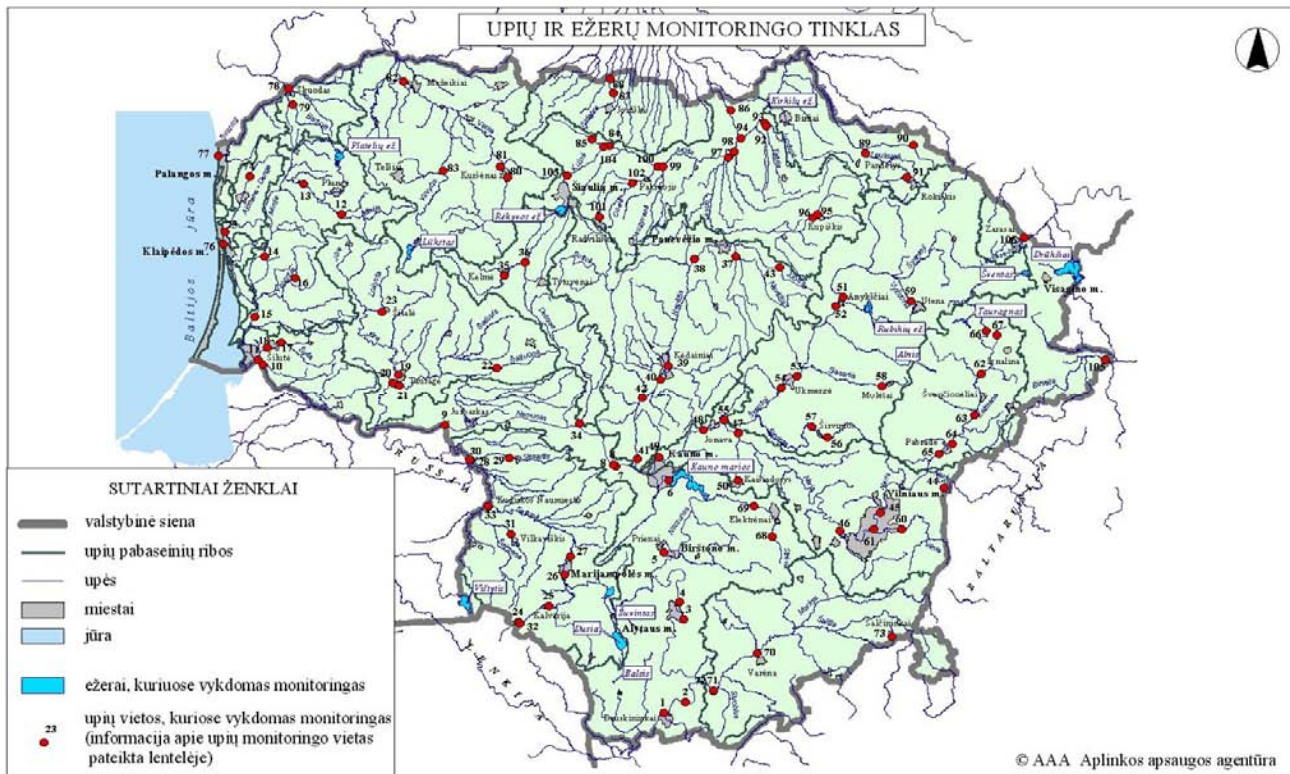
geocheminių sąlygų ir didelio teršiančių elementų kiekio suardoma nusistovėjusi gamtinė pusiausvyrą, keičiasi elementų kiekiai ir jų tarpusavio geocheminiai ryšiai (Geologijos... 2001; Idzelis ir kt. 2007).

Sunkiųjų metalų poveikis organizmui priklauso ne tik nuo jų koncentracijos aplinkoje, bet ir nuo jų tarpusavio santykio, migracinės formos ir kiek iš jų lengvai pasisavinama. Manoma, kad sunkieji metalai yra patvarūs teršalai. Daugelis organinių teršalų, fotoooksidų gamtoje suyra, sunkiųjų metalų natūrali gamtinė aplinka suskaldyti ir sunaikinti negali (Gamta... 1997).

Atlikus tyrimus su žuvimis, nustatyta, kokių ir kokiuose audiniuose sunkiųjų metalų susikaupia daugiausia. Žuvis yra pagrindinis indikatorius, kuris parodo taršos lygį vandenyje, kuriame yra daug teršalų ir sunkiųjų metalų. Jei koncentracijos didelės, žuvis žūva (Scherer 1992).

Lietuvoje tokio pobūdžio tyrimai buvo vykdomi siekiant nustatyti, kaip sunkieji metalai kaupiasi skirtingų rūšių žuvų audiniuose, tačiau eksperimentais patvirtintų duomenų visai nėra.

Mūsų šalyje sunkiųjų metalų monitoringas vykdomas nuo 1993 m. įvairaus tipo ir eutrofizacijos lygio vandens telkiniuose (1 pav.): Baltijos jūroje, Kuršių mariose, specialiai parinktuose ežeruose (Dusia, Tauragnas, Plateiai, Lukštas, Žuvintas ir kt.) ir upėse (Žeimenai, Būka, Skroblus). Populiacinių parametrų kontrolei parinktos rūšys, įeinančios į vandenų žuvų bendrijų branduolius:



1 pav. Lietuvos monitoringiniai vandens telkiniai ir tyrimų stotys
Fig. 1. Monitoring stations of lakes and rivers in Lithuania

Baltijos jūroje – strimelė ir upinė plekšnė; Kuršių mariose, ežeruose ir upėse – kuoja ir ešeris; įvairiuose upeliuose – margasis upėtakis ir paprastasis kūjagalvis. Kuojų, ešerių ir plekšnių populiacijos yra monitoringinės su Baltija besiribojančių šalių aplinkos monitoringo sistemoje. Monitoringui pasirinkti pagrindiniai populiaciniai ir specialūs parametrai, kurie reprezentatyviai atspindi populiacijų būklę (Kesminas ir kt. 1998).

2. Darbo metodika

Tyrimų tikslas – nustatyti sunkiųjų metalų (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd) kaupimąsi ešerio ir kuojos audiniuose eksperimentinėmis sąlygomis ir palyginti gautus rezultatus su monitoringo duomenimis.

Tyrimų objektai: plėšrioji žuvis – ešeris, neplėšri žuvis – kuoja. Šios žuvis buvo veikiamos sunkiaisiais metalais, ir tiriama jų akumuliacija skirtinguose žuvų organuose.

Žuvis buvo gaudomos Galvės ežere, esančiame Trakų rajone, 2006 m. vasario mėn.

Pasirinktos ešerių ir kuojų gaudymo vietos atsitiktinės, jos pavaizduotos 2 pav. Reikiamas skaičius žuvų buvo sugautas per dvi savaites. Žuvis buvo gaudomos žiemine meškere, masalui naudojant uodo trūklio lervas.

Bandymai buvo atliekami Vilniaus universiteto Ekologijos instituto Hidrobiontų ekologijos ir fiziologijos laboratorijoje. Atvežtos žuvis buvo pratinamos prie laboratorinių sąlygų dvi savaites. Jos buvo laikomos pratauose aeruojamuose baseinuose ir kasdien maitinamos uodo trūklio lervomis. Bandymams buvo parenkamos maždaug vienodo dydžio 5–7 metų amžiaus žuvis.



2 pav. Ešerių ir kuojų gaudymo vietos Galvės ežere, Trakų raj., 2006 m. vasario mėn.

Fig. 2. Locations of perch and roach sampling in the Galvė lake, Trakai region, February 2006

Tyrimas buvo pradėtas, kai žuvis jau normaliai elgėsi ir maitinosi. Jos buvo suleidžiamos į 30 litrų akvariumus. Viename iš akvariumų žuvis buvo laikomos šviriame vandenyje (kontrolinė grupė), o kituose veikiamos sunkiųjų metalų: vario, cinko, nikelio, švino, kadmio, chromo – didžiausiomis leidžiamosiomis koncentracijomis. Galutinis tirpalas buvo ruošiamas distiliuotame vandenyje naudojant visuotinai priimtinas vandenių toksikologijoje chemiškai švarias druskas, galutinę koncentraciją perskaičiuojant pagal sunkiųjų metalų jono kiekį. Galutinis tirpalas buvo sukonzentruojamas 2000 kartų,

palyginti su galutine didžiausia leidžiamąja koncentracija. Galutinio tirpalo (*stock solution*) buvo įterpiama 10 ml. Akvariuminėje skiedimui buvo naudojamas artezinis aeruotas vanduo. Vidutinis vandens kietumas buvo 284 mg/l pagal CaCO_3 , šarmingumas – 244 mg/l pagal HCO_3^- , pH – 7,9–8,1. Temperatūra buvo palaikoma 10,5–11,5 °C, deguonies koncentracija svyravo nuo 8 mg/l iki 10 mg/l.

Tyrimo metu žuvis buvo stebimos. Jos kiekviena atskirai buvo maitinamos uodo trūklio lervomis, vėliau – specialiu žuvų pašaru. Švarus vanduo ir sunkiųjų metalų tirpalai buvo atnaujinami kas antrą dieną. Toks ciklas truko 14 dienų – iš pradžių su ešeriais, vėliau su kuojomis. Žuvis veikiančių metalų koncentracijos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Sunkiųjų metalų koncentracijos, kuriomis buvo veikiami ešeriai ir kuojos

Table 1. Heavy metal concentrations affecting perch and roach in contaminated water

Sunkusis metalas	Šaltinis	DLK, mg/l
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,01
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1
Ni	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1
Cd	$\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,005
Pb	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,005
Cr	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0,1

Eksperimentui pasibaigus veiktos sunkiaisiais metais žuvis buvo sudėtos į šaldymo kamerą. Vėliau iš jų buvo imami reikiami audiniai. Iš viso buvo ištirta po 28 vnt. kiekvienos rūšies žuvų.

Sunkiųjų metalų kiekiai žuvų audiniuose buvo nustatomi *Buck Scientific* firmos atominiu absorbciniu spektrofotometru 210 VGP Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos apsaugos chemijos mokslinėje laboratorijoje.

Elemento koncentracijos mėginyje buvo matuojamos taikant liepsnos atominę absorbcinę spektrometriją.

Sunkiųjų metalų kiekiams žuvyse nustatyti buvo parinkti šie žuvų audiniai:

- raumenys be žvynų,
- kepenys,
- žiaunos.

Atlikus žuvų morfometrinę analizę, raumenys, kepenys ir žiaunos buvo atskiriamos nuo kaulinio audinio. Organų masė pateikta 2 lentelėje.

Nustatyto sunkiųjų metalų kiekio tikslumas labai priklauso nuo tinkamo pavyzdžių ėmimo ir jų apdorojimo. Laikantis metodikos reikalavimų sunkiaisiais metais užteršti pavyzdžiai kuo greičiau audinius paėmus iš žuvų siunčiami į laboratoriją tirti, o jei nėra galimybės to padaryti – užšaldomi.

5–0,5 g mėginio 2 h buvo džiovinama 105 °C temperatūroje. Išdžiovintas mėginys vėl džiovinamas 105 °C 30 min. Atausintas eksikatoriuje pasveriamas 0,0001 g tikslumu (1,5–0,5 g). Pasvertas mėginys supilamas į plastikinį indelį.

2 lentelė. Grynoji natūraliomis sąlygomis augintų ešerių ir kuojų mėginių masė

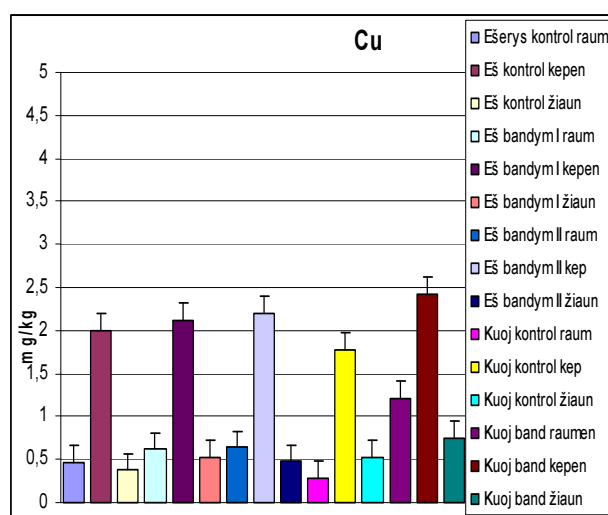
Table 2. Net weight of sample mass of perch and roach reproduced in natural living condition

Raumenys, g	Kepenys, g	Žiaunos, g
Ešeris (kontrolė, po kaitinimo)		
3,53	0,56	3,44
Ešeris (I bandymas, po kaitinimo)		
4,18	0,99	3,692
Ešeris (II bandymas, po kaitinimo)		
3,74	11,32	2,51
Kuoja (kontrolė, po kaitinimo)		
2,37	0,483	1,44
Kuoja (bandymas, po kaitinimo)		
2,89	0,92	1,93

Lietuvoje sunkiųjų metalų leidžiamieji taršos lygiai iki 2002 m. buvo reglamentuojami 1989 m. nustatytais normomis. Nuo 2004 m. įsigaliojo Lietuvos higienos norma HN 54:2003. Ši Higienos norma reglamentuoja sunkiųjų metalų DLK (mg/kg) žuvų, gyvenančių Lietuvos vandenyse, mėsoje ir jos pagamintuose produktuose. Lietuvos higienos norma HN 54:2003 nustato didžiausią leidžiamąjį sunkiųjų metalų taršos lygį (LTL), tai yra tokį sunkiųjų metalų lygį, kuriam esant per trumpesnę arba ilgesnę laiką nesukeliamos ligos arba sveikatos sutrikimai (HN... 2004).

3. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Tyrimo duomenys parodė, kad sunkieji metalai ešerio ir kuojos audiniuose kaupiasi skirtingai (3 pav.).



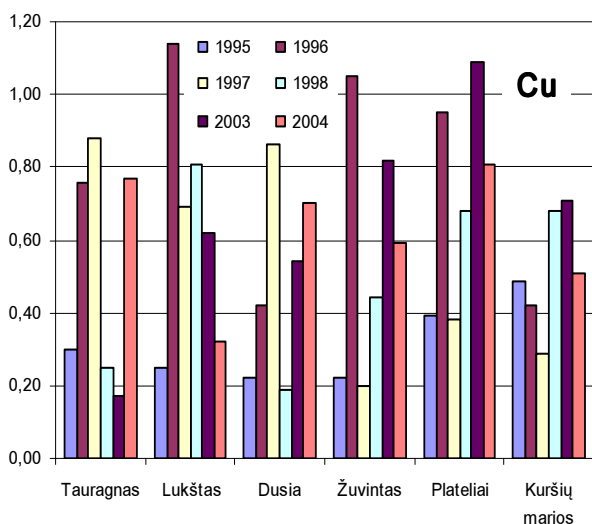
3 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos (mg/kg) 2005 m. žuvų, paveiktų vario, audiniuose, esant normalioms gyvenimo sąlygoms

Fig. 3. Heavy metal concentrations (mg/kg) in fish tissues from water contaminated with copper in natural living condition in 2005

Lyginant kontrolines ir paveiktas žuvų grupes nustatyta, kad vario koncentracija paveiktų žuvų grupės audiniuose padidėjo: ešerių kepenyse nuo 1,995 mg/kg iki 2,204 mg/kg, raumenyse nuo 0,45 mg/kg iki 0,64 mg/kg, žiaunose nuo 0,37 mg/kg iki 0,52 mg/kg, o kuojų audiniuose vario koncentracija kepenyse padidėjo nuo 1,77 mg/kg iki 2,42 mg/kg, raumenyse nuo 0,29 mg/kg iki 1,21 mg/kg, o žiaunose nuo 0,531 mg/kg iki 0,739 mg/kg. Vario koncentracijos žuvų raumenyse neviršijo 2001 m. nustatytos didžiausios leidžiamosios koncentracijos (Cu DLK = 10 mg/kg) (HN 54:2003).

Didžiausios vario koncentracijos žuvų raumenyse nustatytos Lukšto (1996–1998 m.) ir Platelių (1996, 2003 m.) ežeruose, tačiau jos 5–8 kartus mažesnės už DLK.

Monitoringiniuose ežeruose ir Kuršių mariose vario koncentracija žuvų raumenyse svyruoja panašiai, išskyrus Tauragno ež., kur ji yra šiek tiek didesnė negu vidutinė likusių vandens telkiniuose (4 pav.).



4 pav. Sunkiųjų metalų (Cu) koncentracijų (mg/kg) dinamika ešerių ir kuojų raumenyse monitoringiniuose telkiniuose

Fig. 4. Dynamic of heavy metal (Cu) concentrations (mg/kg) in perch and roach muscles from monitored water

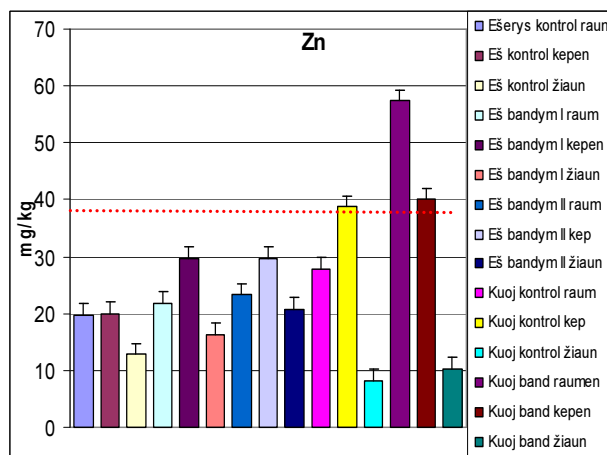
G. Svecevičius ir M. Vosylienė (1996) ištyrė ūminį vario toksiškumą penkiose gėlavandenių žuvų rūšyse ir nustatė, kad medianinė letalinė koncentracija (96 h LC 50) svyravo nuo 0,62 mg Cu/l iki 1,49 mg Cu/l. Pagal jautrumą variui tirtos žuvų rūšys išsidėstė taip: ešeris = vaivorykštinis upėtakis > kuoja > strepetys > trispyglė dyglė.

N. Kazlauskienė ir M. Vosylienė (1999) ištyrė vario poveikį vaivorykštiniams upėtakiui ir įvertino kardiorespiracinės sistemos parametrų ir hematologinių rodiklių pokyčius trumpalaikiais (10 parų) ir ilgalaikiais (6 mėn.) bandymais, veikiant žuvis 0,05–0,5 mg/l vario koncentracijomis. Nustatyta, kad mažos vario koncentracijos atliekant trumpalaikius bandymus sukelia grįžtamus pokyčius kardiorespiracinėje sistemoje ir keičia hematologinius rodiklius. Didelė vario koncentracija (0,5 mg/l) sukelia negrįžtamus širdies ritmo ir jo periodinės struktūros pokyčius. Nustatyta, kad prie ilgalaikio poveikio mažoms

vario koncentracijoms žuvis gali prisitaikyti – tai parodo tyrimai žuvų, paveiktų 0,1 mg/l vario koncentracija 6 mėn. Visų tirtų fiziologinių sistemų rodikliai po ilgalaikės žuvų ekspozicijos buvo pradinio lygio.

L. Petrauskienė (1999) stebėjo vaivorykštinių upėtakių elgseną naujoje aplinkoje paveikus juos 0,025 mg/l vario koncentracija. Poveikio trukmė – 1, 2 ir 3 mėn. Registruoti du žuvų elgsenos atsakų rodikliai: plaukimo aktyvumas ir lietimų (į naujo akvariumo sienas, dugną ir vandens paviršių) dažnis tuoj pat po to, kai žuvis buvo perkelta į naują akvariumą, ir po 24 h, praleistų naujajame akvariume. Registruojant elgsenos rodiklius tuoj po to, kai žuvis buvo perkelta į naują aplinką, aptikti šie kontrolinių ir vario paveiktų žuvų elgsenos skirtumai: 1) abiejų rodiklių sumažėjimas žuvų grupėse, 1 mėn. veiktose variu, ir abiejų rodiklių padidėjimas 3 mėn. variu veiktose grupėse; 2) po 2 mėn. ekspozicijos skirtumų tarp kontrolinių ir variu paveiktų žuvų grupių nebuvo. Registruojant žuvų, kurios praleido 24 h naujajame akvariume, elgsenos rodiklius, buvo nustatyti šie skirtumai: 1) vario paveiktų žuvų grupių po 1, 2 ir 3 mėn. ekspozicijos plaukimo aktyvumas buvo sumažėjęs, palyginti su kontrolinėmis grupėmis; 2) lietimų dažnis buvo padidėjęs vario paveiktose grupėse po 1 mėn. ir 3 mėn. ekspozicijos; tačiau po 2 mėn. ekspozicijos skirtumų tarp lietimų dažnio kontrolinėse ir paveiktose grupėse neaptikta. Ryškiausi atsakų pokyčiai buvo praėjus 1 mėn. nuo poveikio pradžios.

Lyginant kontrolines ir paveiktas žuvų grupes nustatyta, kad cinko koncentracija paveiktų žuvų grupės audiniuose padidėjo: ešerių raumenyse I – nuo 19,66 mg/kg iki 21,77 mg/kg, kepenyse I – nuo 20,03 mg/kg iki 29,72 mg/kg, žiaunose I – nuo 12,74 mg/kg iki 16,35 mg/kg, o ešerių raumenyse II – nuo 19,66 mg/kg iki 23,25 mg/kg, kepenyse II – nuo 20,03 mg/kg iki 29,71 mg/kg, žiaunose II – nuo 12,74 mg/kg iki 20,74 mg/kg, o kuojų audiniuose cinko koncentracija raumenyse padidėjo nuo 27,91 mg/kg iki 57,35 mg/kg ir viršijo 1,15 karto (Zn DLK = 40 mg/kg) (HN... 2004), kepenyse – nuo 38,68 mg/kg iki 40,05 mg/kg, o žiaunose – nuo 8,14 mg/kg iki 10,23 mg/kg (5 pav.).

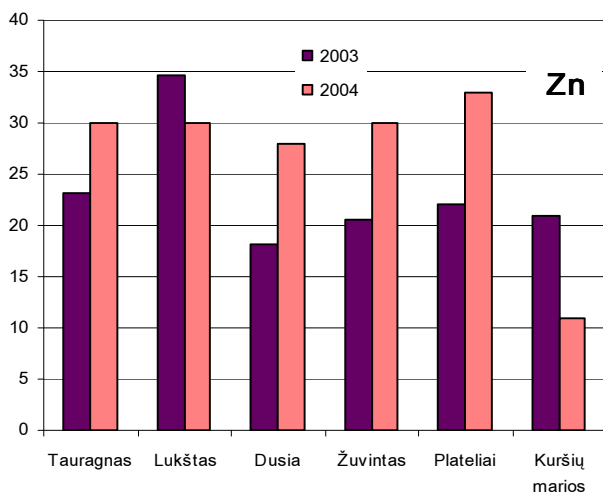


5 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos (mg/kg) 2005 m. žuvų, paveiktų cinko, audiniuose

Fig. 5. Heavy metal concentrations (mg/kg) in fish tissues from water contaminated with zinc in 2005

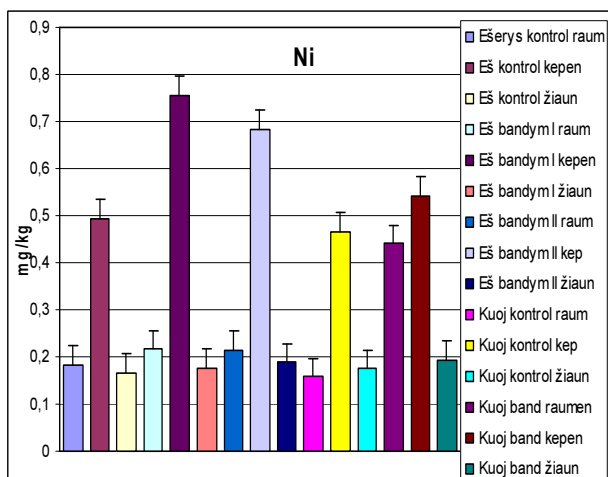
G. Svecevičius (1999) ištyrė cinko ūminių toksiškumą penkioms gėlavandenių žuvų rūšims ir nustatė, kad medianinė letalinė koncentracija (96 h LC50) svyravo nuo 3,79 mg Zn/l iki 11,37 mg Zn/l. Pagal jautrumą variu tirtos žuvų rūšys išsidėstė taip: vaivorykštinis upėtakis > trispyglė dyglė > ešeris > strepetys > kuoja.

Cinko koncentracija monitoringinių ežerų ir Kuršių marių žuvų raumenyse neviršijo didžiausios leidžiamosios koncentracijos. Kuojų raumenyse didesnės koncentracijos nustatytos 2004 m. Mažiausios Zn koncentracijos buvo Kuršių marių žuvų raumenyse (6 pav.).



6 pav. Sunkiųjų metalų (Zn) koncentracijų (mg/kg) dinamika ešerių ir kuojų raumenyse monitoringiniuose telkiniuose

Fig. 6. Dynamic of heavy metal (Zn) concentrations (mg/kg) in perch and roach muscles from monitored water



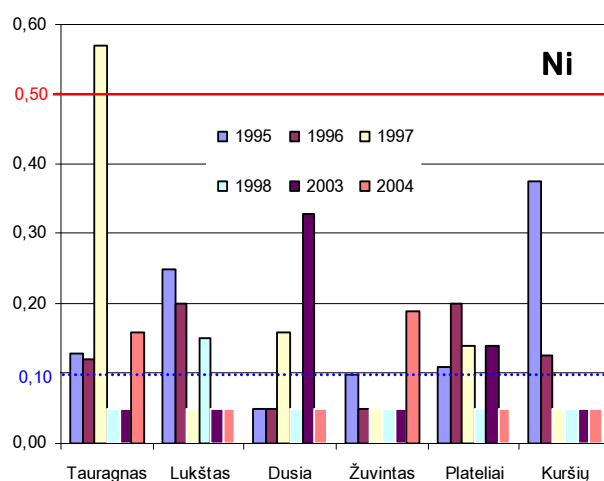
7 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos (mg/kg) 2005 m. žuvų, paveiktų nikelio, audiniuose

Fig. 7. Heavy metal concentrations (mg/kg) in fish tissues from water contaminated with nickel in 2005

Lyginant kontrolines ir paveiktas žuvų grupes nustatyta, kad nikelio paveiktų žuvų grupės audiniuose padidėjo: ešerių raumenyse I – nuo 0,184 mg/kg iki 0,216 mg/kg, kepenyse I – nuo 0,495 mg/kg iki

0,756811 mg/kg, žiaunose I – nuo 0,167 mg/kg iki 0,189 mg/kg, ešerių raumenyse II – nuo 0,184 mg/kg iki 0,214 mg/kg, kepenyse II – nuo 0,495 mg/kg iki 0,683 mg/kg, žiaunose II – nuo 0,157 mg/kg iki 0,189 mg/kg, o kuojų audiniuose nikelio koncentracija raumenyse padidėjo nuo 0,158 mg/kg iki 0,441 mg/kg, kepenyse – nuo 0,466 mg/kg iki 0,541 mg/kg mg/kg, o žiaunose – nuo 0,174 mg/kg iki 0,194 mg/kg (Ni DLK = 0,5 mg/kg) (7 pav.).

Ni koncentracija viršijo DLK kuojų raumenyse Tauragno ežere 1997 m. Kitais tyrimų laikotarpiais Ni koncentracija abiejų rūšių žuvų raumenyse buvo mažesnė ar tik šiek tiek didesnė už MNR (mažiausia nustatymo riba) (dažniausiai < 0,2 mg/kg), žymesnis koncentracijos padidėjimas užregistruotas tik 2003 m. Dusios ežero kuojų ir ešerių raumenyse, 1995 m. – Kuršių marių kuojų raumenyse (8 pav.).

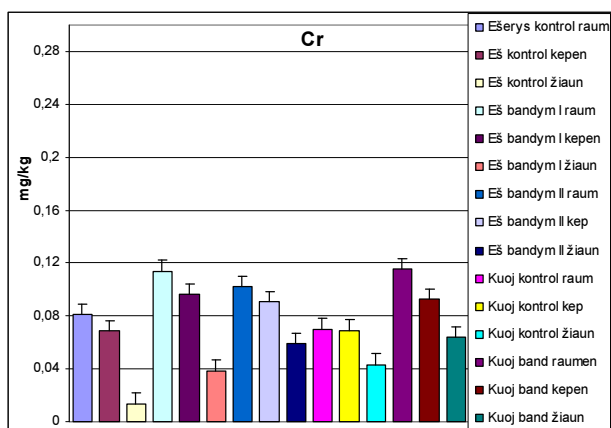


8 pav. Sunkiųjų metalų (Ni) koncentracijų (mg/kg) dinamika ešerių ir kuojų raumenyse monitoringiniuose telkiniuose

Fig. 8. Dynamic of heavy metal (Ni) concentrations (mg/kg) in perch and roach muscles from monitored water

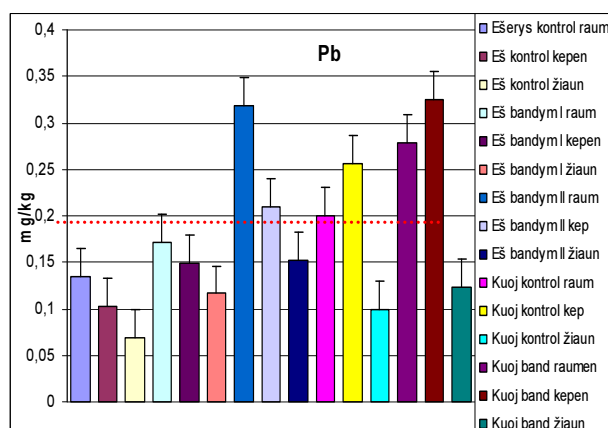
Lyginant kontrolines ir paveiktas žuvų grupes nustatyta, kad chromo koncentracija paveiktų žuvų grupės audiniuose padidėjo: ešerių raumenyse I – nuo 0,081 mg/kg iki 0,114 mg/kg, kepenyse I – nuo 0,069 mg/kg iki 0,096 mg/kg, žiaunose I – nuo 0,014 mg/kg iki 0,039 mg/kg, ešerių raumenyse II – nuo 0,081 mg/kg iki 0,102 mg/kg, kepenyse II – nuo 0,069 mg/kg iki 0,09 mg/kg, žiaunose II – nuo 0,014 mg/kg iki 0,059 mg/kg, o kuojų audiniuose švino koncentracija raumenyse padidėjo nuo 0,07 mg/kg iki 0,441 mg/kg, kepenyse – nuo 0,069 mg/kg iki 0,093 mg/kg mg/kg, o žiaunose – nuo 0,043 mg/kg iki 0,064 mg/kg (Cr DLK = 0,3 mg/kg) (9 pav.).

Cr koncentracija kuojų raumenyse daugiau ar mažiau DLK viršijo visuose monitoringiniuose ežeruose ir Kuršių mariose. DLK taip pat buvo viršyta 1995 m. Tauragno, Dusios, Žuvinto ežeruose, 1997 m. – Tauragno ežere. Tačiau 1998 m. Cr koncentracija abiejų rūšių žuvų raumenyse visuose stovinčiuose vandens telkiniuose buvo mažesnė už DLK, o 2003–2004 m. – panašaus dydžio arba mažesnė už MNR (10 pav.).



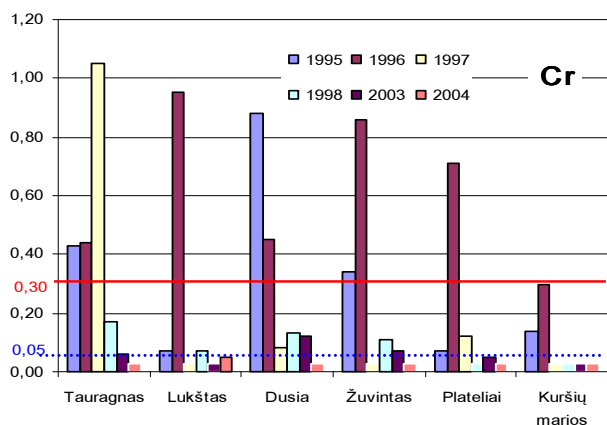
9 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos (mg/kg) 2005 m. žuvų, paveiktų chromu, audiniuose

Fig. 9. Heavy metal concentrations (mg/kg) in fish tissues from water contaminated with chromium in 2005



11 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos (mg/kg) 2005 m. žuvų, paveiktų švino, audiniuose

Fig. 11. Heavy metal concentrations (mg/kg) in fish tissues from water contaminated with plumbum in 2005

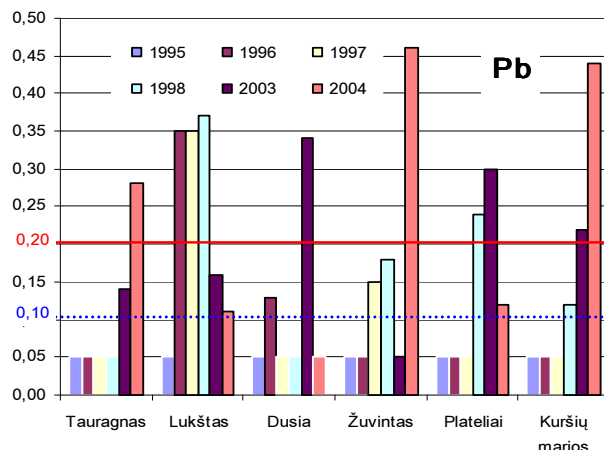


10 pav. Sunkiųjų metalų (Cr) koncentracijų (mg/kg) dinamika ešerių ir kuojų raumenyse monitoringiniuose telkiniuose

Fig. 10. Dynamic of heavy metal (Cr) concentrations (mg/kg) in perch and roach muscles from monitored water

Lyginant kontrolines ir paveiktas žuvų grupes nustatyta, kad švino koncentracija paveiktų žuvų grupės audiniuose padidėjo: ešerių raumenyse I – nuo 0,14 mg/kg iki 0,1710 mg/kg, kepenyse I – nuo 0,10 mg/kg iki 0,15 mg/kg, žiaunose I – nuo 0,07 mg/kg iki 0,12 mg/kg, ešerių raumenyse II – nuo 0,14 mg/kg iki 0,32 mg/kg ir viršijo 1,6 karto (Pb DLK = 0,2 mg/kg) (HN... 2004), kepenyse II – nuo 0,10 mg/kg iki 0,21 mg/kg, žiaunose II – nuo 0,07 mg/kg iki 0,152 mg/kg, o kuojų audiniuose švino koncentracija raumenyse padidėjo nuo 0,20 mg/kg iki 0,28 mg/kg ir viršijo 1,4 karto, kepenyse – nuo 0,0995 mg/kg iki 0,3246 mg/kg, o žiaunose – nuo 0,0995 mg/kg iki 0,1232 mg/kg (11 pav.).

Švino koncentracija ešerių raumenyse beveik kasmet viršija DLK, patvirtintą 2002 m., Lukšto ir Žuvinto ežeruose (1996–1998 ir 2003 m.). Dusios ir Platelių ežeruose DLK buvo viršyta tik 2003 m., Tauragno ežere ir Kuršių mariose – tik 2004 m. Lukšto ežere Pb koncentracija dažnai viršija DLK ešerių ir kuojų raumenyse (1996–1998 m.) (12 pav.).

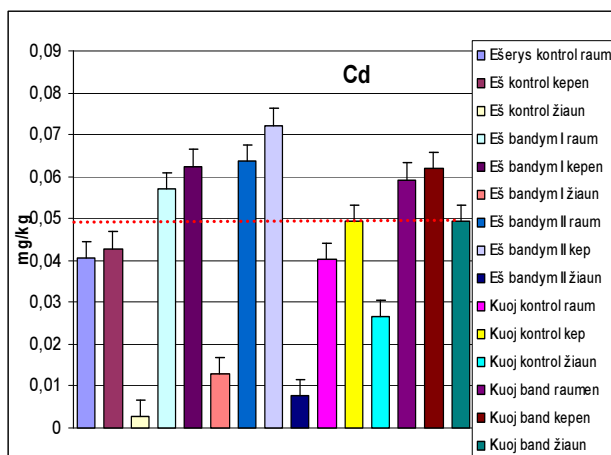


12 pav. Sunkiųjų metalų (Pb) koncentracijų (mg/kg) dinamika ešerių ir kuojų raumenyse monitoringiniuose telkiniuose

Fig. 12. Dynamic of heavy metal (Pb) concentrations (mg/kg) in perch and roach muscles from monitored water

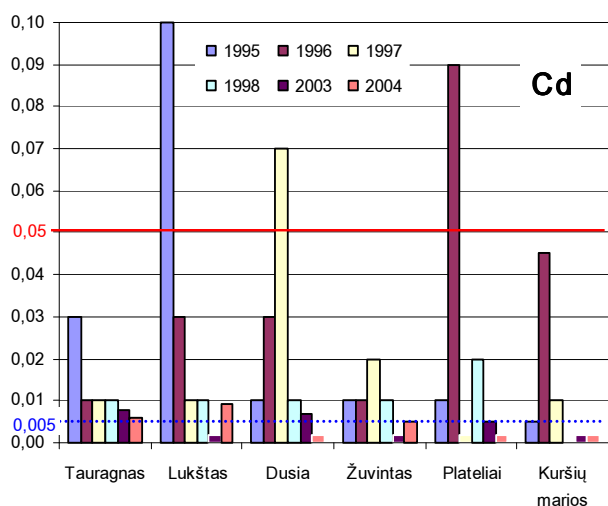
Palyginus kontrolines ir paveiktas žuvų grupes nustatyta, kad kadmio k paveiktų žuvų grupės audiniuose padidėjo: ešerių raumenyse I – nuo 0,04 mg/kg iki 0,06 mg/kg ir viršijo 1,2 karto (Cd DLK = 0,05 mg/kg) (HN... 20034), kepenyse I – nuo 0,043 mg/kg iki 0,06 mg/kg, žiaunose I – nuo 0,003 mg/kg iki 0,013 mg/kg, ešerių raumenyse II – nuo 0,04 mg/kg iki 0,32 mg/kg, kepenyse II – nuo 0,043 mg/kg iki 0,21 mg/kg, žiaunose II – nuo 0,0028 mg/kg iki 0,152 mg/kg, o kuojų audiniuose švino koncentracija raumenyse padidėjo nuo 0,04 mg/kg iki 0,059 mg/kg ir viršijo 1,18 karto, kepenyse nuo 0,049 mg/kg iki 0,062 mg/kg, o žiaunose nuo 0,0027 mg/kg iki 0,049 mg/kg (13 pav.).

Analogiškai monitoringiniuose vandens telkiniuose kadmio koncentracija raumenyse tik pavieniais atvejais viršijo DLK: 1995 m. – Lukšte, 1996 m. – Plateliuose, 1997 m. – Dusioje (14 pav.).



13 pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos (mg/kg) 2006 m. žuvų, paveiktų kadmio, audiniuose

Fig. 13. Heavy metal concentrations (mg/kg) in fish tissues from water contaminated with cadmium in 2006



14 pav. Sunkiųjų metalų (Cd) koncentracijų (mg/kg) dinamika ešerių ir kuojų raumenyse monitoringiniuose telkiniuose

Fig. 14. Dynamic of heavy metal (Cd) concentrations in perch and roach muscles from monitored water

4. Išvados

1. Eksperimentai parodė, kad sunkieji metalai žuvų audiniuose kaupiasi tokia seka: Cd > Pb > Ni > Zn > Cr > Cu.

2. Sunkiųjų metalų kiekiai žuvų audiniuose akumuluojasi skirtingai. Didžiausi jų kiekiai tenka kepenims ir raumenims, o mažiausi – žiaunoms.

3. Vario ir chromo kiekiai bandomų žuvų audiniuose neviršija Lietuvos higienos normose nurodytų sunkiųjų metalų leidžiamųjų kiekių (DLK) žuvų raumenyse, o cinko DLK buvo nežymiai (1,15 karto) viršyta kuojų raumenyse.

4. Bandomos žuvis labiausiai kaupė šviną ir kadmį. Švino DLK (0,2 mg/kg) buvo viršyta ešerių raumenyse 1,6 karto, o kuojų – 1,4 karto. Kadmio DLK

(0,05 mg/kg) buvo viršyta ešerių ir kuojų raumenyse apie 1,2 karto.

5. Eksperimentai parodė, kad ešeriai sunkiuosius metalus kaupia intensyviau nei kuojos.

6. Gauti eksperimentiniai duomenys sutampa su sunkiųjų metalų tyrimų duomenimis, gautais tiriant monitoringinius vandens telkinius. Žuvų audiniuose Pb ir Cd koncentracijos yra didžiausios ir dažnai viršija Lietuvos higienos normoje nurodytąjį DLK. Tokie rezultatai įpareigoja nuolat tikrinti sunkiųjų metalų kieki žuvyse.

Literatūra

- Butkus, D.; Pliopaitė Bataitienė, I.; Bataitis, T. 2008. ⁹⁰Sr kaupimosi paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) medienoje tyrimas, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 16(3): 121–127.
- Čepanko, V.; Idzelis, R. L.; Kesminas, V.; Ladygienė, R. 2006. Radiological investigations of roach and perch from some lakes in Lithuania, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 14(4): 199–205.
- Environment in the European Union at the turn of the Century. Environmental assessment report* [Aplinka Europos Sąjungoje šimtmečio pabaigoje. Aplinkos vertinimo pranešimas]. 1999. European Environmental Agency, Copenhagen, 2. 124 p.
- Europe's Environment: the Second Assessment* [Europos aplinka: antrasis įvertinimas]. 1998. European Environmental Agency, Copenhagen. 86 p.
- Gamta ir ekologija: Trumpas ekologijos žodynelis*. 1997/1. 47 p.
- HN 54:2003. Sunkiųjų metalų leidžiami lygiai žuvų raumenyse, *Valstybės žinios*, 2004, 14–87.
- Idzelis, R. L.; Ladygienė, R.; Sinkevičius, Š. 2007. Radiological investigation of meat of game and dose estimation for hunters and members of their families, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2): 99–104.
- Kazlauskienė, N.; Vosylienė, M. Z. 1999. Peculiarities of the physiological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to copper [Fiziologinių vaivorykštinio upėtakio (*Oncorhynchus mykiss*) reakcijų variui savitumas], *Acta Zoologica Lituanica. Hydrobiologia* 2: 56–70.
- Kesminas, V.; Repečka, R.; Balkuvienė, G.; Virbickas, T.; Stakėnas, S.; Šriupkuvienė, N.; Motiejūnas, S. 1998. Monitoring of fish communities, population parameters and heavy metals in Lithuania [Žuvies bendrijų, populiacijos parametų ir sunkiųjų metalų monitoringas Lietuvoje], *Latvian Academy of Sciences* 52: 85–92.
- Mažvila, J. 2001. *Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose*: monografija. Kaunas: LŽI Agrocheminių tyrimų centras. 343 p.
- Parinkti ir ištirti dvi miško kirtavietes, tinkamas Panevėžio miesto vandenvalo įrenginių dumblo utilizavimui*. 2001. Geologijos institutas. 15 p.
- Petrauskienė, L. 1999. Effects of novel environment on rainbow trout exposed to copper [Naujos aplinkos padariniai vaivorykštiniam upėtakiui, pažeistam variui], *Acta Zoologica Lituanica. Hydrobiologia* 2: 95–102.
- Scherer, E. 1992. Behavioral responses as indicators of environmental alterations: approaches, results, developments [Elgesio atsakymai kaip aplinkos pokyčių indikatoriai: metodai, rezultatai, plėtra], *Journal of Applied Ichthyology* 8: 122–131.

SCORECARD. 2005. Water quality indicators [Vandens kokybės indikatoriai]. Prieiga per internetą:

<<http://www.scorecard.org>>.

Svecevičius, G. 1999. Acute toxicity of zinc to common freshwater fishes of Lithuania [Cinko nuodingumas visoms gė-

lavandenėms žuvims Lietuvoje], *Acta Zoologica Lituanica. Hydrobiologia* 2: 114–118.

Svecevičius, G.; Vosylienė, M. Z. 1996. Acute toxicity of copper to common freshwater fishes of Lithuania [Vario nuodingumas visoms gėlavandenėms žuvims Lietuvoje], *Ekologija* 2: 17–21.

ACCUMULATION OF HEAVY METALS (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd) IN TISSUES OF PERCH (*Perca fluviatilis* L.) AND ROACH *Rutilus rutilus* (L.) UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS

R. L. Idzelis, V. Kesminas, G. Svecevičius, V. Misius

Abstract

The paper analyses the effects of heavy metals on freshwater fishes. From the point of view of pollution caused by heavy metals, the condition of ecosystems in Lithuania is yet less affected by heavy metals compared to that the world over. Fishes accumulate heavy metals selectively. Fishes mostly accumulate Pb, Cr, Cd. Our experiments showed that MPC (Maximum Permitted Concentration) (0.2 mg/kg) of lead was exceeded 1.6 time in the muscles of perch, and 1.4 time – in the muscles of roach. The MPC (0.05 mg/kg) of cadmium was exceeded 1.2 time in the muscles of perch and roach. It was determined that perch accumulate heavy metals more intensively than roach. Heavy metals accumulate in fishes: liver > muscle > gills. As heavy metals are considered to be one of the most harmful water pollutants, there is a great need for a constant ecological monitoring and reduction of their amounts released into the environment. According to long-term research data, the MPC in fishes is exceeded only slightly. This confirms a good condition of aquatic ecosystems in Lithuania.

Keywords: fishes, toxicity, nutritional link, experimental analyses, hygienic standard.

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd) В ТКАНЯХ ОКУНЯ *Perca fluviatilis* L. И ПЛОТВЫ *Rutilus rutilus* L. В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Р.-Л. Идзелис, В. Кясминас, Г. Свяцявичюс, В. Мисюс

Резюме

Представлены данные по распределению тяжелых металлов в тканях пресноводных рыб в мониторинговых водоемах, а также результаты, полученные путем воздействия тяжелых металлов в предельно допустимых концентрациях (ПДК) на окуня и плотву. В экспериментальных исследованиях применялись металлы Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd, оказывающие на живые организмы воздействие мутагенного и канцерогенного характера. Установлено, что концентрация Cd в тканях окуня превышала ПДК (0,2 мг/кг) в 1,6 раза, а в тканях плотвы – в 1,4 раза. Концентрация Cd в тканях тех же рыб превышала ПДК (0,05 мг/кг) примерно в 1,2 раза. Также установлено, что окунь аккумулирует тяжелые металлы интенсивнее плотвы. Экспериментальные данные совпадают с данными, полученными в мониторинговых водоемах. Установлено также, что концентрация Pb и Cd в тканях рыб зачастую превышает ПДК. Полученные результаты обязывают постоянно контролировать уровень тяжелых металлов в тканях рыб.

Ключевые слова: рыбы, тяжелые металлы, пищевая цепь, концентрация, аккумуляция.

Raimondas Leopoldas IDZELIS, Dr, Assoc Prof, Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor of Natural Sciences, 1993. Publications: author of more than 50 research papers, 1 study guide, co-author of 3 monographs. Research interests: landscape management, ecology, environmental protection.

Vytautas KESMINAS, Dr, senior research worker, Sector of Freshwater Ecology, Laboratory of Ecology and Physiology of Hydrobionts, Dept of Aquatic Ecosystems, Institute of Ecology of Vilnius University (VU). Research interests: ichthyology, ecology, nature protection, monitoring (investigation of fish population and communities in Lithuanian waters, including salmonid fish).

Gintaras SVECEVIČIUS, Dr, senior research worker, Sector of Ecological Physiology and Toxicology, Laboratory of Ecology and Physiology of Hydrobionts, Dept of Aquatic Ecosystems, Institute of Ecology of Vilnius University (VU). Research interests: ecotoxicology, ichthyotoxicology, fish behavioural toxicology.

Vaidas MISIUS, Master student (environmental protection engineering), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). Research interests: environmental protection, accumulation of heavy metals, pollution prevention.