

COOPERARE TRANSFRONTALIERĂ: EVALUAREA MIGRAȚIEI METALELOR ȘI DETERMINAREA TOLERANȚEI ECOSISTEMELOR ACVATICE

Doctor habilitat în biologie **Elena ZUBCOV**

Doctor în biologie **Lucia BILEȚCHI**

Doctor în biologie **Natalia ZUBCOV**

Doctor în biologie **Nina BAGRIN**

Institutul de Zoologie al AȘM

THE TRANSBOUNDARY COOPERATION: ASSESSMENT OF METAL MIGRATION AND DETERMINATION OF AQUATIC ECOSYSTEM TOLERANCE THROUGH

Summary. Cooperation at the intergovernmental and scientific levels is crucial in resolving ecological problems in hydrographical basins of transboundary rivers, as Dniester and Prut. Complex monitoring results of the various components of aquatic ecosystems (water–suspensions – bottom sediments – biota) and adjacent territories shall be used as ground in the decision-making process concerning the efficient use of water resources, reducing degradation of aquatic ecosystems, mitigation of pollution with different substances, including metals. Data from 2013-2014 on As, Se, Bi, Cd, Sr, Pb, Mn, Cu, Zn concentrations (dissolved form) demonstrated the compliance of the Dniester and Prut waters to classes I-II, and sometimes IV-V of surface water quality.

Keywords: transboundary cooperation, aquatic ecosystems, Dniester River, Prut River, microelements, toxic metals.

Rezumat: Cooperarea la nivel interguvernamental și cea științifică este crucială în soluționarea problemelor ecologice în bazinele hidrografice ale râurilor transfrontaliere, precum fl. Nistru și r. Prut. Rezultatele monitoringului complex al diferitor componente ale ecosistemelor acvatice (apă – suspensii – depuneri subacvatice – hidrobionți) și teritoriilor adiacente trebuie să servească drept bază în procesul decizional privind utilizarea eficientă a resurselor de apă, reducerea degradării ecosistemelor acvatice, diminuarea poluării cu diverse substanțe, inclusiv metale. Datele din anii 2013 – 2014 privind concentrațiile As, Se, Bi, Cd, Sr, Pb, Mn, Cu, Zn (forma solubilă) denotă corespunderea apelor Nistrului și Prutului claselor I-II, iar uneori și IV-V de calitate a apelor de suprafață.

Cuvinte-cheie: cooperare transfrontalieră, ecosisteme acvatice, fl. Nistru, r. Prut, microelemente, metale toxice.

INTRODUCERE

Actualmente, problemele legate de disponibilitatea resurselor de apă, calitatea apei și valorificarea ecosistemelor acvatice dulcicole se numără, cu siguranță, printre cele cu impact vital. Mai multe directive internaționale sunt axate pe problematica apei și a sănătății umane [2, 4]. Poluarea, eutrofizarea antropogenă a ecosistemelor acvatice și diminuarea catastrofală, în ultimii ani, a cantității de apă potabilă de calitate a provocat deja în mai multe regiuni ale lumii dificultăți în aprovizionarea cu apă potabilă, încălcând, astfel, drepturile omului la apă potabilă.

Omenirea se confruntă nu numai cu lipsa resurselor de apă de calitate, dar și cu amenințări permanente de inundații și secete care, la rândul lor, sunt provocate de sporirea inexorabilă a impactului uman asupra mediului. Multiplele presiuni (poluare, distrugerea zonelor umede, dezechilibrarea regimului hidrologic în urma construcției barajelor) conduc la degradarea ecosistemelor acvatice. Deja avem „o criză cronică,

fatală, a resurselor de apă mondiale” [3]. Consiliul Mondial al Apei (World Water Commission) a confirmat situația de criză ce periclitează sistemul de apă de care depinde supraviețuirea omenirii. Parteneriatul Global al Apei (Global Water Partnership) pledează pentru obținerea cunoștințelor științifice profunde și aplicarea practicilor coerente în rezolvarea problemelor apelor dulci [4].

Evaluarea stării actuale a potențialului ecosistemelor acvatice, diversității specifice și evoluției calității apelor naturale din Moldova constituie o problemă de o importanță vitală. Stabilirea limitelor de toleranță a comunităților de hidrobionți în condițiile instabilității mediului acvatic este unul din obiectivele care contribuie semnificativ la soluționarea problemelor cu caracter fundamental privind estimarea evoluției diversității specifice a hidrofaunei, structurii trofice a comunităților, circuitului și fluxului elementelor chimice în lanțurile trofice ale ecosistemului, în scopul protecției genofondului faunei și florei, elaborării și implementării tehnicilor privind restaurarea procese-

lor bioproductivității și valorificarea durabilă a resurselor acvatice.

Rezolvarea problemei restabilirii bioproductivității ecosistemelor acvatice din Moldova este condiționată de specificul condițiilor fizico-geografice și intensitatea impactului antropic pe teritoriul Moldovei, Ucrainei și României, deoarece principalele resurse acvatice (fluviul Nistru, râul Prut) sunt transfrontaliere. Aceasta, din start, presupune colaborarea cu partenerii din țările vecine.

Colaborarea la nivel științific nu este suficientă pentru soluționarea problemelor ecologice în bazinul hidrografic al fl. Nistru. Este absolut necesară și colaborarea la nivel interguvernamental [7]. Fără ratificarea de către Ucraina a *Acordului dintre Guvernul Republicii Moldova și Cabinetul de Miniștri al Ucrainei privind colaborarea în domeniul protecției și dezvoltării durabile a bazinului râului Nistru*, semnat la Roma la 29 noiembrie 2012, este imposibilă redresarea situației ecologice în bazinul hidrografic al fl. Nistru, în general, cât și valorificarea durabilă a resurselor de apă, reducerea degradării și restabilirea ecosistemelor Nistrului din sectorul medial și inferior, prevenirea și diminuarea consecințelor provocate de factorii naturali și antropogeni. În 2015 Ucraina a pus în funcțiune deja cel de-al treilea agregat (turbină) al Centralei hidroenergetice de acumulare prin pompă și, de facto, a dat în exploatare prima parte a acestei stații. Din păcate, niciun document privind prevenirea consecințelor ecologice și economice pentru Republica Moldova nu a fost semnat.

Ministerul Mediului al Republicii Moldova, în corespundere cu Acordul de asociere cu UE și în conformitate cu principiile Directivei Cadru privind Apa (2000/60/CE), a elaborat Planul de Gestionare a Bazinului Hidrografic Nistru, care este în proces de consultare publică. Există speranța că acest document va deveni parte componentă a Planului Bilateral (Moldova – Ucraina) de Gestionare a Bazinului Hidrografic Nistru.

Menținerea productivității unui ecosistem acvatic este o problemă de o importanță majoră în ecologia acvatică, hidrobiologie și ihtiologie. Astăzi doar o bună cercetare nu este suficientă: rezultatele trebuie comunicate și promovate rapid, într-o formă accesibilă factorilor de decizie. Este esențial schimbul de cunoștințe, promovarea și conștientizarea factorilor interesați privind problemele gospodăririi resurselor acvatice la diferite nivele – de la utilizatori locali, la comunități naționale, regionale, internaționale.

În acest context, o semnificație aparte capătă investigațiile internaționale comune, inclusiv cele transfrontaliere, privind monitorizarea și stabilirea succe-

siunilor ecologice ale hidrobiocenozelor, legităților migrației substanțelor chimice în sistemele acvatice în funcție de un șir întreg de factori naturali și antropici, precum și activitățile comune privind informarea comunității și a factorilor de decizie de diferit rang. Institutul de Zoologie colaborează cu mai multe instituții din Ucraina nu numai prin acorduri de colaborare, dar și prin proiecte bilaterale (*Elaborarea principiilor monitoringului hidrobiologic complex al ecosistemelor tehnologice ale întreprinderilor energetice, EQUAENERGO*, partener – Institutul de Hidrobiologie al Academiei Naționale a Ucrainei). A fost înaintat și un concept în cadrul Programului Orizont 2020 care prevede investigații privind redresarea situației în bazinul hidrografic al fl. Nistru. Noul Program de Colaborare Teritorială Moldova-Ucraina, finanțat de UE, va contribui, printre altele, și la rezolvarea problemelor ecologice în bazinul hidrografic al fl. Nistru.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pentru moment, Institutul de Zoologie al AȘM implementează 2 proiecte internaționale transfrontaliere în cadrul Programului Operațional Comun România – Ucraina – Republica Moldova 2007– 2013 al Uniunii Europene:

- *Centru pilot de resurse pentru conservarea transfrontalieră a biodiversității râului Prut MIS ETC 1150* (prevede dezvoltarea în comun a resurselor științifice, umane și logistice pentru monitorizarea, restaurarea și îmbunătățirea resurselor acvatice ale râului Prut în cazul condițiilor dificile de climă sau a unor acțiuni antropogene dăunătoare); partenerul aplicant este Universitatea „A. I. Cuza” din Iași;

- *Cooperare interdisciplinară transfrontalieră pentru prevenirea dezastrelor naturale și reducerea poluării mediului în Euroregiunea Dunărea de Jos”, MIS ETC 1676* (prevede întărirea cooperării transfrontaliere, în special, crearea unei rețele internaționale privind monitorizarea complexă a stării mediului de trai în Euroregiunea Dunărea de Jos); parteneri – Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați – aplicant, Institutul de Geologie și Seismologie al AȘM și Centrul Științific Ucrainean de Ecologie a Marii din Odesa.

Ambele proiecte prevăd realizarea investigațiilor în bazinele hidrografice ale r. Prut și Dunării de Jos. Proiectul MIS ETC 1150 este axat pe cercetarea biodiversității în acumularea Costești-Stânca și r. Prut, în special, cu scopul prevenirii și restabilirii diversității ihtiologice. În proiectul MIS ETC 1676 o importanță majoră revine investigațiilor privind validarea metodologiei de cercetări complexe ale proceselor de poluare a apelor, solurilor și monitorizării migrației substanțelor chimice, în deosebi a metalelor

grele, pesticidelor și altor poluanți organici în sistemul „soluri-apă-depuneri subacvatice-hidrobionți” în funcție de un șir întreg de factori în Euroregiunea Dunării de Jos. Proiectul prevede cercetarea multidisciplinară (geologică, geomorfologică, ecotoxicologică, hidrochimică etc.) a mediului pe teritoriul Republicii Moldova, României și Ucrainei.

Este cunoscut faptul că metalele sunt situate printre primele în lista substanțelor poluante prioritare. Din aceste considerente, cercetarea migrației microelementelor, în special a metalelor grele, cât și a poluanților organici persistenti (POPs), are o importanță incontestabilă în soluționarea problemelor utilizării raționale și protecției apelor de suprafață. Organizația Mondială a Sănătății a inclus în lista celor mai periculoase substanțe toxice arseniul, cadmiul, mercurul, plumbul și alte metale, care în mod obligatoriu trebuie să fie monitorizate în mediul de trai. Metalele, precum și metaloizii (As) și unele nemetale (Se), reprezintă un grup numeros de elemente chimice care joacă un rol biochimic deosebit în funcționarea ecosistemelor acvatice, acțiunea lor asupra sistemelor vii adesea fiind similară celei a catalizatorilor în reacțiile chimice.

În anii precedenți a fost stabilită dinamica unor metale în ecosistemele acvatice ale Moldovei [10, 11, 13], determinate legăturile lor de acumulare în plantele și animalele acvatice [9, 12, 13, 15], estimată influența Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Co, Pb, Ni asupra dezvoltării peștilor [15] și proceselor producțional-destrucționale. Aceste rezultate au fost puse la baza evaluării rolului funcțional al principalelor grupuri de hidrobionți în migrația biogenă a metalelor [2] și formării conceptului evaluării capacității de suport a ecosistemelor acvatice [8]. O latură aparte este studiul acumulării și rolu-

lui microelementelor în dezvoltarea peștilor la diverse etape ale dezvoltării ontogenetice [15] și argumentarea importanței diferitor microelemente în aprecierea calității produselor piscicole [1].

Utilizarea în cercetare a noilor echipamente procurate în cadrul implementării proiectelor internaționale și tehnici de laborator a permis nu doar lărgirea spectrului macro- și microelementelor cercetate (As, Al, B, Ba, Be, Bi, Hg, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Sr, V, Zn ș.a.), ci și a schimbat radical eficacitatea și nivelul de credibilitate a rezultatelor obținute. În continuare sunt prezentate date privind o parte dintre microelementele cercetate în cadrul acestor proiecte.

Arseniul (As) este unul din elementele toxice de categoria I, care chiar în doze foarte mici (zecimi de micrograme) poate avea consecințe negative asupra sănătății omului. Prezența lui în apa potabilă conduce la dezvoltarea mai frecventă a unor afecțiuni severe, cum ar fi cancerul de piele, de rinichi și tract urinar, de prostată, alături de alte afecțiuni importante – cardiovasculare, inclusiv hipertensiunea arterială, anemie, dereglarea procesului reproductiv etc. Investigațiile ecotoxicologice, realizate în condiții de modelare, au demonstrat ca arseniul deja la concentrații de 3 $\mu\text{g/l}$ blochează dezvoltarea icrelor peștilor ciprinizi.

În premieră, a fost determinat conținutul dizolvat al acestui metaloid în apele de suprafață. Cu părere de rău, s-a constatat că în peste 75% de cazuri în apele analizate ale fl. Nistru concentrația arseniului a variat în limitele 0,2-1,8 $\mu\text{g/l}$. În ceea ce privește apele r. Prut, arseniul a fost depistat în toate probele colectate în 2013 – 2014, având concentrații situate în diapazonul 0,1-2,7 $\mu\text{g/l}$ (figura 1).

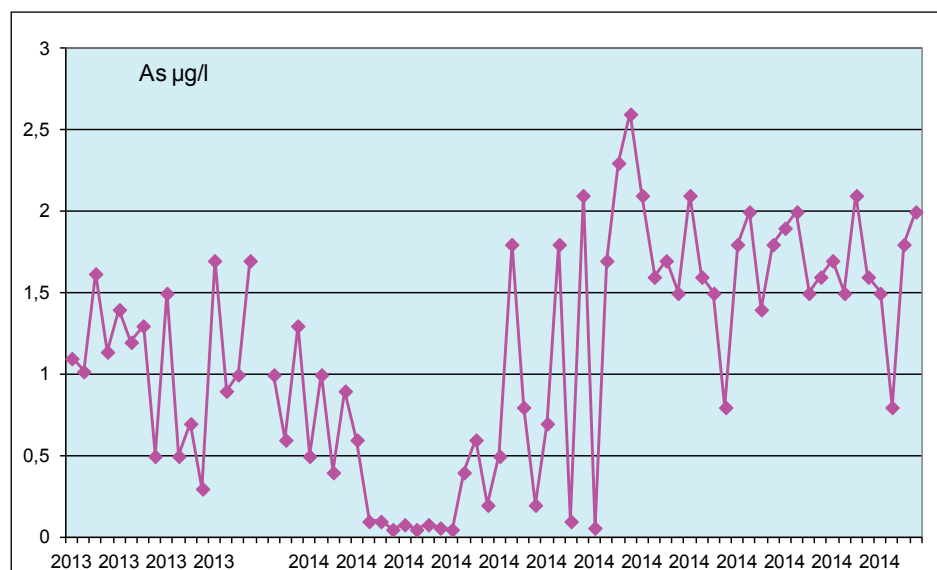


Figura 1. Variațiile concentrațiilor arseniului dizolvat (As, $\mu\text{g/l}$) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, $\mu\text{g/l}$.

Seleniul (Se) este un microelement asemănător sulfului după unele proprietăți chimice, dar cu numeroase proprietăți fiziologice în funcție de forma de existență. În secolul XX a fost răspândită pe larg utilizarea preparatelor cu Se în calitate de antioxidanți, dar mai târziu s-a dovedit că ele provoacă efecte opuse și adesea destul de periculoase. S-a dovedit, bunăoară, că Se în formă de seleno-L-metionină în cantități de

0,43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de nutriție este deja toxic pentru păstrăvul curcubeu [6]. În apele subterane din Moldova sunt depistate concentrații de Se care depășesc limitele pentru ape potabile [14].

Investigațiile realizate în 2013 – 2014 au demonstrat că variațiile acestui element în apele fl. Nistru sunt în limitele 0,22-1,86 $\mu\text{g}/\text{l}$, fiind similare celor din fl. Dunare și r. Prut (figura 2).

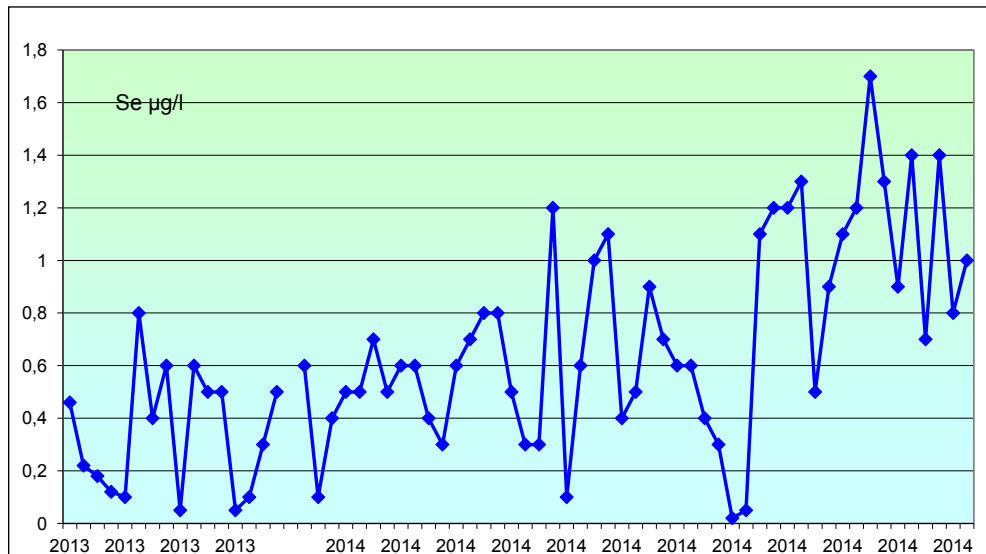


Figura 2. Variațiile concentrațiilor seleniului dizolvat (Se, $\mu\text{g}/\text{l}$) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, $\mu\text{g}/\text{l}$.

Bismutul (Bi), împreună cu mercurul, osmiul, beriliul se referă la așa-numitele elemente agresive de proveniență vulcanică. Un anumit rol pozitiv al acestor elemente în metabolismul organismelor vii nu a fost stabilit sau, mai bine spus, e considerat discutabil. Se cunoaște însă influența lor toxică asupra organismelor vii chiar și în concentrații foarte mici. Ele suscită interes datorită faptului că în ultimii ani sunt

incluse în componența diferitor medicamente, care se presupune că ar combate cancerul, SIDA ș.a.

Bismutul este un element foarte puțin studiat în ecosistemele acvatice. În anii precedenți el a fost înregistrat în circa 2-5% de probe analizate, având concentrații de până la 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$. În 2013 – 2014 în apele fl. Nistru concentrația bismutulului dizolvat a atins 0,8 $\mu\text{g}/\text{l}$, iar în cele ale r. Prut – până la 1,4 $\mu\text{g}/\text{l}$ (figura 3).

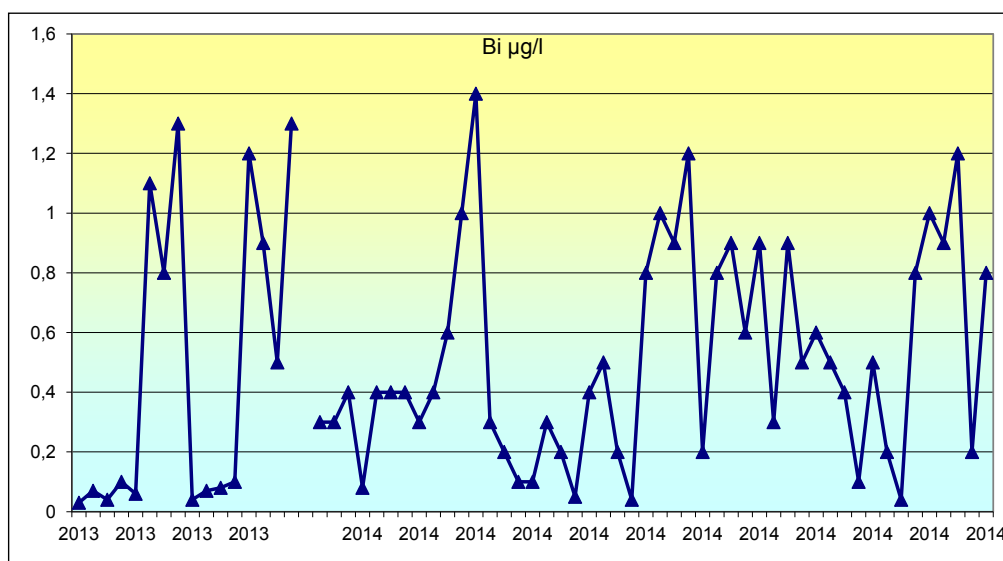


Figura 3. Variațiile concentrațiilor bismutulului dizolvat (Bi, $\mu\text{g}/\text{l}$) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, $\mu\text{g}/\text{l}$.

Cadmiul (Cd) este unul din cele mai toxice metale incluse în lista metalelor grele periculoase. Dinamica concentrației acestui metal toxic dizolvat în apele am-

belor artere transfrontaliere nu depășește 0,6 $\mu\text{g/l}$, fiind maximă în fluviul Nistru în sectorul medial, iar în r. Prut – în sectorul inferior (figura 4).

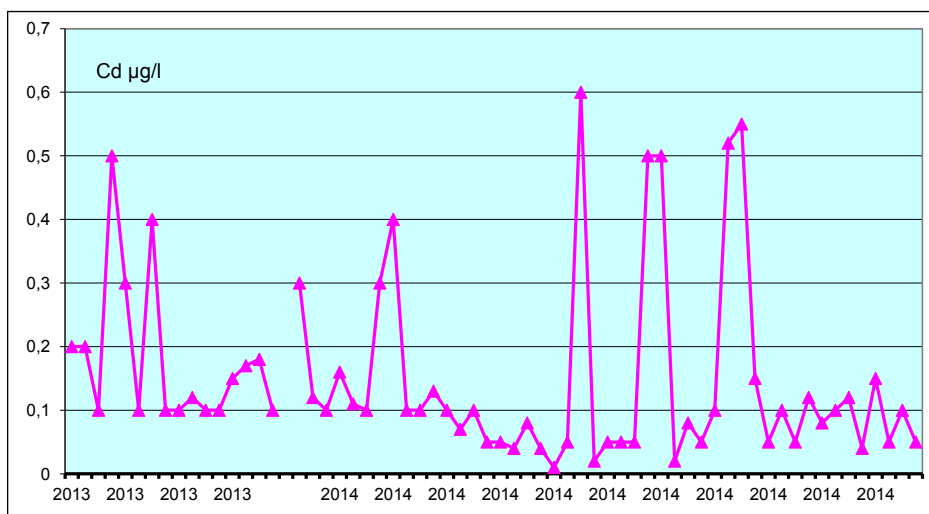


Figura 4. Variațiile concentrațiilor cadmiului dizolvat (Cd, $\mu\text{g/l}$) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, $\mu\text{g/l}$.

Bariul (Ba), stronțiul (Sr) – unii specialiști le clasifică drept elemente esențiale, concurente în procesele metabolice. Anume coraportul dintre calciu-magneziu-stronțiu-bariu provoacă diferite dereglări în metabolismul organismelor acvatice și terestre. Con-

centrațiile sporite ale stronțiului provoacă înlocuirea ionilor de calciu, soldată cu apariția mai multor boli. În apele fl. Nistru și r. Prut conținutul stronțiului nu depășește 1 mg/l (figura 5); în ecosistemele transfrontaliere coraportul Ca:Sr este $\geq 40:1$.

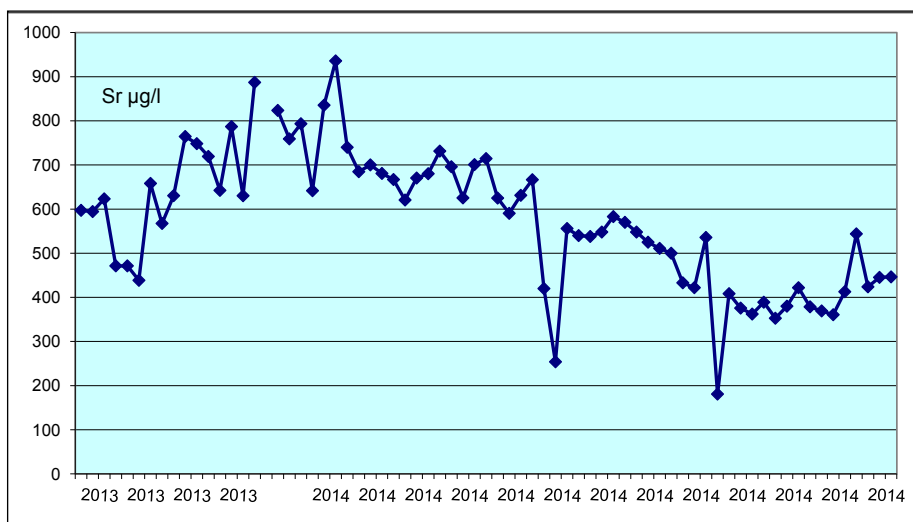


Figura 5. Variațiile concentrațiilor stronțiului dizolvat (Sr, $\mu\text{g/l}$) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, $\mu\text{g/l}$.

Plumbul (Pb) este unul dintre metalele, pe care Organizația Mondială a Sănătății le-a inclus în lista celor 4 elemente chimice periculoase pentru viața umană. Forma dominantă de migrație a acestui metal în ecosistemele acvatice este legată de suspensii, însă 20-30 de ani în urmă concentrațiile plumbului dizolvat în ecosistemele acvatice ale Moldovei oscilau, de cele mai multe ori, între 2,8 și 5,4 $\mu\text{g/l}$, iar

după catastrofa de la Cernobâl ele au atins chiar și 9-12 $\mu\text{g/l}$. În ultimii ani concentrațiile plumbului dizolvat în apele r. Prut corespund clasei I de calitate a apelor și constituie 0,04-1,34 $\mu\text{g/l}$ (figura 6), fiind de 3-4 ori mai mici decât cele din anii '80 ai secolului trecut. În apele fluviului Nistru, la fel, concentrațiile plumbului nu depășesc 3 $\mu\text{g/l}$.

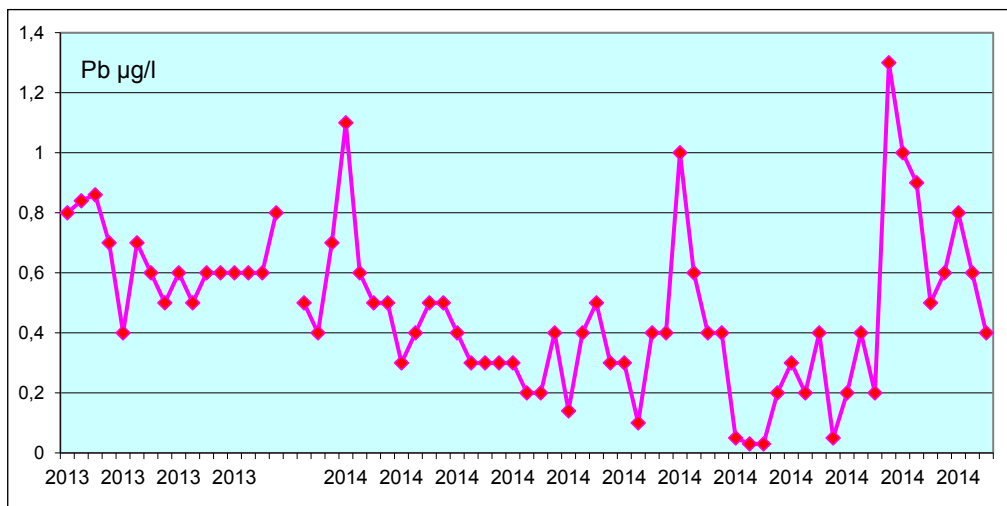


Figura 6. Variațiile concentrațiilor plumbului dizolvat (Pb, µg/l) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, µg/l.

Manganul (Mn) are o mare importanță în derularea proceselor de oxido-reducere. În circa 30% de probe de apă analizate dinamica formei solubile a manganului indică clasa V de calitate a apelor (figura 7).

Se presupune că acest metal intră în componența formei solubile a compușilor organici greu degradabili, deoarece salturile concentrației manganului corespund celor ale concentrației materiei organice (CCO-Cr).

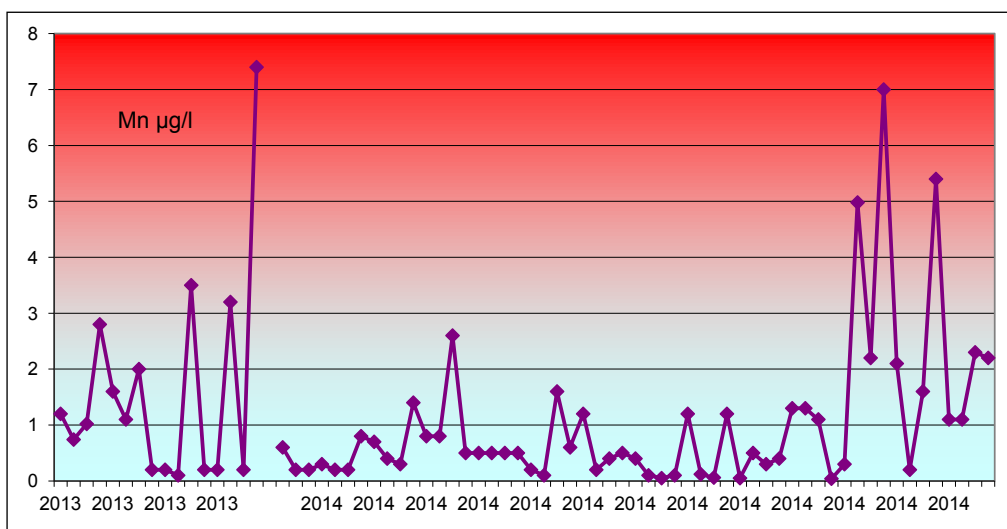


Figura 7. Variațiile concentrațiilor manganului dizolvat (Mn, µg/l) în apele r. Prut, anii 2013 – 2014, µg/l.

În ceea ce privește **cuprul (Cu)** și **zincul (Zn)**, elemente dinamica cărora depinde mult de utilizarea agrochimicaterelor în sistemele hidrografice, în ultimii ani a fost observată o tendință evidentă de descreștere a concentrației acestora. Cuprul dizolvat în apele r. Prut nu a depășit concentrația de 10 µg/l, ceea ce corespunde claselor I-II de calitate a apelor.

În fl. Nistru în perioada de vară-toamnă au fost observate concentrații mult mai mari, de exemplu, în vara 2014 pe sectorul Naslavcea-Goieni concentrația Cu a depășit 50 µg/l (32-52 µg/l), valorile maxime fiind depistate la Naslavcea. În acest caz, conform conținutului cuprului dizolvat, apele s-au referit la clasa IV de calitate.

Concentrația zincului dizolvat în apele r. Prut, în majoritatea cazurilor, a oscilat între 5 și 10 µg/l, având periodic niște salturi de până la 35 µg/l, și a corespuns claselor I-II de calitate a apelor de suprafață. În fl. Nistru concentrația zincului dizolvat a atins valori de 40 µg/l, iar toamna pe porțiunea Cocieri-Palanca a fost extrem de mare – 245-1445 µg/l; asemenea valori nu au fost înregistrate în întreaga perioadă de cercetare a zincului în fl. Nistru (din anul 1976). Se poate presupune că sporierea din toamnă a concentrației zincului a fost provocată de demontarea funicularului Rezina-Râbnița, când o bună parte a construcției a nimerit în apele acumularii Dubăsari. Evident, aceste concentrații sunt enor-

me pentru apele de suprafață: ca rezultat, în perioada de vară-toamnă pe acvatoriul lacului Dubăsari a fost observat un număr mare de pești pieriți.

Putem constata că, de cele mai dese ori, conținutul metalelor dizolvate a fost favorabil pentru comunitățile de hidrobionți, însă salturile de zinc, cupru, mangan, precum și existența arseniului, cadmiului, plumbului, bismutului și a altor metale toxice pot provoca intoxicația lor, în pofida concentrațiilor relativ joase.

Aceste materiale, alături de datele privind conținutul metalelor în suspensii, organisme acvatice, influența substanțelor toxice asupra proceselor producțional-destrucționale, cât și datele despre diversitatea, efectivul, biomasa și productivitatea grupelor principale de organisme acvatice (bacterio-, fito-, zooplanton și zoobentos) vor fi sistematizate și utilizate pentru evaluarea toleranței ecosistemelor acvatice la condițiile actuale climaterice și antropice.

Rezultatele prezentate în această lucrare sunt obținute în cadrul proiectelor internaționale MIS ETC 1150, MIS ETC 1676, finanțate prin Programul Operațional Comun România – Ucraina – Republica Moldova 2007-2013 al Uniunii Europene și proiectului instituțional 11.817.08.15A.



Vasile Nașcu. *Omar Khayyam*, 2005, u/p, 150 × 210 cm

BIBLIOGRAFIE

1. Alasalvar C., Taylor T., Zubcov E., Shahidi F., Alexis M. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79, 2002, p.145-150.
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32000L0060>
3. Cosgrove W. J. and Rijsberman F.R. (2000) *World Water Vision; Making Water Everybody's Business* World Water Council, London, Earthscan.
4. Global Water Partnership, Technical Advisory Committee (2000). *Integrated Water Resources Management TAC Background Papers No. 4*, Stockholm, GWP.
5. Regulament cu privire la cerințele de calitate pentru apele de suprafață. HG RM nr. 890 din 12.11.2013. Chișinău: Monitorul Oficial nr. 262-267, 22 noiembrie 2013.
6. Schlenk D., Zubcov N., Zubcov E. Effects of salinity on the Uptake, Biotransformation, and Toxicity of Dietary Seleno-L-Methionine to Rainbow Trout. *Toxicological sciences*, Vol.75, 2003, p. 309-313, DOI 10-1093/toxsci/kfg 184
7. Zubcov E. Starea actuală a fluviului Nistru. În: *Akademios*, nr.4 (27), 2012, p. 99-102.
8. Zubcov E. Coraportul proceselor producțional-destrucționale și a conținutului microelementelor ca indice al capacității de suport a ecosistemelor acvatice. *Anale Științifice ale Universității de Stat din Moldova, Chișinău*, 2000, p.189-192.
9. Zubcov E., Biletschi L., Zubcov N., Philipenko E., Borodin N. The metal accumulation in aquatic plants of Dubăsari and Cuciurgan reservoirs. *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii*, 2013, 2, Tom. 29, p. 216-219.
10. Zubcov E., Zubcov N., Bagrin N., Biletschi L. Monitoring of trace metals in the Prut River. *Annals of „Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year V(XXXVI)* 2013, 2, p. 232-236.
11. Zubcov E., Zubcov N., Ene A., Bagrin N., Biletschi L. The dynamics of trace elements in Dniester River ecosystems. *Journal of Science and Arts*, Year 10, No. 2 (13), pp.281-286, 2010. Chemistry Section.
12. Zubcov E., Zubcov N., Ene A., Biletschi L. Assessment of copper and zinc levels in fish from freshwater ecosystems of Moldova. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol.19, no.6, p.2238-2247, DOI 10.1007/s11356-011-0728-5., Springer-Verlag, 2012.
13. Sapozhnikova Y., Zubcov N., Huderford S., Roz L., Boicenco N., Zubcov E., Schlenk D. Evolution of pesticides and metals in fish of the Dniester River, Moldova. *Chemosphere*, Vol.60, Issue 2, July 2005, p.195-205.
14. Зеленін І. В. Естественні ресурси підземних вод Молдавії. Кишинев: Штиінца, 1972. 214 с.
15. Зубкова Н. Закономерности накопления и роль микроэлементов в онтогенезе рыб. Рецензенты: С. И. Тома, М. А. Усатый. Кишинев: Штиінца, 2011. 88 с.