

FUNCȚIONAREA ECOSISTEMELOR ACVATICE – ABORDĂRI, MONITORING, REALIZĂRI

Elena ZUBCOV*, ORCID: 0000-0002-8437-8195,

Natalia ZUBCOV, ORCID: 0000-0001-6048-9395

Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Zoologie, Chișinău, Republica Moldova

*Autor corespondent, e-mail: elzubcov49@gmail.com

Rezumat

Lucrarea reflectă unele rezultate multianuale privind cercetarea macro-, micrometalelor și a unor metaloizi în sistemul „apă-suspensii-măluri-hidrobionți” în aspectul estimării funcționării ecosistemelor acvatice ale fl.Nistru și r. Prut.

Cuvinte cheie: metale, metaloizi, migrație, suspensii, bioacumulare, hidrobionți.

Introducere

Elaborarea bazelor științifice pentru estimarea funcționării ecosistemelor acvatice și argumentarea măsurilor compensatorii a devenit o prioritate mondială în cercetarea și valorificarea durabilă a mediului de trai. Fiind o abordare științifică fundamentală în biologie și protecția mediului aceasta presupune obținerea cunoștințelor noi în descifrarea funcționării ecosistemelor acvatice prin studiile conexe: modelare, stabilirea legităților migrației și circuitului substanțelor chimice, proceselor de bioacumulare, biomagnificare ale ecotoxicanților și xenobionților, stabilirea limitelor de toleranță ale hidrobionților și nivelului de tampon, de autoepurare și poluare secundară a ecosistemelor, elaborarea noilor metode de cercetare prin utilizarea tehnicilor și utilajului de performanță [2, 9].

Funcționarea ecosistemului este interacțiunea dinamică a fluxurilor de energie, materie și informații, asigurându-i stabilitatea în condiții specifice. Un ecosistem își menține integritatea prin diversele interrelații dintre componentele sale. O teorie a funcționării ecosistemului trebuie să integreze modele cantitative ale structurii, formării și interacțiunii acestor fluxuri. Majoritatea cercetărilor hidrobiologice au ca scop descrierea și analizarea cantitativă a componentelor și proceselor individuale din cadrul ecosistemelor. Cu toate acestea, prin studierea proceselor specifice și ignorarea interrelațiilor dintre acestea, se pierde imaginea de ansamblu a funcționării ecosistemului [1].

Una din cele mai puțin studiate și înțelese componente ale ecosistemelor acvatice sunt procesele de migrație a substanțelor chimice în sistemul „apa-suspensii-depuneri subacvatice- hidrobionți”. Evaluarea stării ecosistemelor acvatice este imposibilă fără un studiu detaliat al particularităților de deplasare a elementelor chimice odată cu masele de apă ale unui sau altui bazin acvatic sau curs de apă și în interiorul lor, al distribuirii lor între faza lichidă și cea solidă. De asemenea, fără cercetarea raportului substanțelor chimice în faza lichidă și cea solidă este cu neputință de a determina direcția proceselor interbazinice, cât și proceselor de adsorbție și sedimentate în ecosistemul acvatic. Raportul formelor în soluție și în suspensie ale substanțelor chimice în scurgerea râurilor reprezintă și un criteriu geochimic al intensității diferitelor procese de eroziune în bazinul hidrografic[9-12, 14].

Materiale și metode de cercetare

În procesul de studiu, au fost efectuate expediții în scopul investigațiilor complexe ale ecosistemelor acvatice din bazinele hidrografice ale râurilor Nistru (porțiunea Naslavcea-Palanca) și Prut (Criva-Giurgiulești), inclusiv investigații *in situ* și modelări de laborator.

Prin realizarea proiectelor internaționale sa dezvoltat bazele logistice experimentale pentru monitorizarea și estimarea funcționării ecosistemelor acvatic, cu scopul de a reduce efectele tehnogene asupra mediului acvatic, care a devenit o prioritate globală în cercetarea mediului de trai.

Sa revizuit metodele clasice și instrumentele inovatoare de monitorizare și dobândirea de cunoștințe noi aprofundate despre starea și procesele care au loc în mediul acvatic care sau sistematizat în conformitate cu standardele ISO în ghidurile *metodologice (prelevarea probelor de apă, suspensii, mâluri, material biologic analize de laborator ale parametrilor fizico-chimici, investigații chimico-analitice ale macrocomponenților și microcomponenților din apă, analiza diversității hidrobionților investigații ecotoxicologice, diverse modelări de teren și de laborator)* testate și implementate în cercetare-inovare și în procesul didactic a tineretului studios [2-6].

Rezultate și discuții

Este stabilit că în ecosistemele fluviale naturale, care nu sunt supuse transformării antropice (cele de referință) există un echilibru între parametri fizico-chimici, chimici și biologici, mai corect, sistemul "apă - suspensii - depuneri subacvatice - hidrobionți", fiind foarte mobil, dar, în același timp, specific și stabil pentru fiecare corp de apă. Anume acest echilibru și determină procesele funcționării ecosistemelor acvatice, constatând prin urmare că starea mediului acvatic este factorul determinant și pentru starea hidrobiocenozelor [1, 2, 6].

Prin urmare acest sistem mobil servește drept temei pentru monitorizarea și proceselor care se petrec în bazinul hidrografic. Viteza scurgerii apei, originea solidelor în suspensie și a aluviunilor, compoziția lor granulometrică, mineralogică și chimică au fost și rămân parametri necesari pentru evaluarea circuitului și capacității de migrație a substanțelor chimice în ecosistemele curgătoare și aprecierea proceselor de eroziune-denudare într-un bazin hidrografic. Printre factorii de bază, care determină repartizarea și migrația microelementelor în sistemul "apă- suspensii - depuneri subacvatice" în apele de suprafață ale Moldovei trebuie menționați următorii: relieful puternic dezmembrat, procese intense de erodare în bazinul de recepție, caracterul pluvial torențial al precipitațiilor atmosferice, particularitățile fizico-chimice ale solurilor și rocilor, hidrologia și starea faunei acvatice a râurilor și lacurilor de acumulare, proprietățile chimice ale microelementelor și, de asemenea, factorii activității umane - construcțiile hidrotehnice, chimizarea și irigarea terenurilor agricole, deversarea apelor reziduale ș.a. [2, 6, 9].

În premieră sunt estimați parametri cantitativi ai contribuției factorilor fizico-geografici, chimici și biologici, determinatori ai migrației în sistemul "apă - suspensii - depuneri nămolose - hidrobionți" ai migrației metalelor în mediu acvatic cât și influența unor metale asupra hidrobionților, inclusiv a peștilor în ecosistemele acvatice transfrontaliere ale Republicii Moldova (fl. Nistru și r. Prut).

De menționat faptul că, înainte de construirea și darea în exploatare a Complexului Hidroenergetic Nistrian pe teritoriul Ucrainei, concentrațiile în suspensii (C în $\mu\text{g/L}$) al 22 de metale investigate permanent erau mai mari decât concentrațiile lor în apă și acestea, ca și concentrație totală de metale (forme suspendate și dizolvate), prezentau o corelație puternică cu debitul de apă (Q m^3/sec) conținutul de suspensii (S mg/L) descrisă prin ecuația multifuncțională de următorul tip:

$$C = X_0 + X_1 \cdot Q + X_2 \cdot S$$

iar coeficienții (R^2) de corelare oscila între 0,87-0,96 [2,6,9,10]. Actualmente aceste corelații se mențin în r. Prut, dar în fl. Nistru aceste relații nu mai există, aceasta demonstrează dezechilibrul în funcționarea ecosistemei fluviului provocat de barajarea albiei și funcționarea complexului hidroenergetic nistrian construit în Ucraina la hotarele cu Moldova în amonte de Naslavcea.

Astfel schimbarea relațiilor între parametri hidrologice și celor hidrochimice în apele ecosistemelor acvatice reprezintă indicatori majori despre dezechilibru în funcționalitatea ecosistemului și schimbărilor ireversibile a ecosistemelor acvatice. Acest aspect e necesar să fie inclus în regulamentele de monitorizare a stării ecologice ale corpurilor de apă în special celor fluviale.

Microelementele investigate în fl.Nistru r. Prut , cu mici excepții, pot fi aranjate în următorul rând descrescător, în funcție de concentrațiile lor în formă dizolvată în apă:

Sr>Ba>Al>Li>Mn>Zn>Fe> Cu>Ni>Ge>Cr>Bi>Mo>V>Be>Pb>Co>Bi>Ag>Te>Tl>Cd.

În cazul formeii suspendate, ordinea lor se schimbă astfel:

Al>Fe>Mn>Ba>Ti>Zn>Sr>Cu>Ni>Li>Ge>V> Cr>Bi>Ni>Pb>Mo>Ag>Be>Te>Co>Cd.

Prin munca multianuală s-au stabilit și descifrat mai multe procese de migrație bioacumulare și biomagnificare a celor mai răspândite cât și a celor mai toxice microelemente și urme de metale și metaloizi, inclusiv prin metode și tehnici de modelări de laborator de performanță [7-9, 11].

Aceste rezultate au permis fortificarea cunoștințelor privind conturarea conceptului evaluării toleranței organismelor și capacității de tampon a ecosistemelor acvatice, care la rândul său, determină procesele principale ale funcționării ecosistemelor acvatice continentale și care au permis revizuirea conceptului referitor la indicii de migrație a metalelor în râuri și lacuri de acumulare și mobilității biogeochimică a metalelor în ecosistemele supuse impactului antropic.

Sa dovedit că metale-macro și metale-urme sunt cele mai conservative și persistente substanțe ecotoxice, rolul cărora este multilateral de la cele - esențiale pentru viață- până la cele extrem de toxice. Influența macro- și micrometalelor este în dependență de proprietățile lor fizico-chimice, cantitatea, forma de migrație, factorii de mediu (temperatura, umeditatea, pH, procesele de oxido-reducere ș.a.) și nu în ultimul rând starea și procesele metabolice în organisme vii șupuse influenței [8-11].

Descifrarea și stabilirea legităților de acumulare și acțiunii elementelor chimice asupra organismelor acvatice și modificării intensității proceselor de biosinteză în corpul peștilor nu are doar importanță științifică, ci oferă și posibilități mari în utilizarea microelementelor pentru o acțiune ținută asupra diferitor aspecte ale proceselor metabolice, optimizarea conținutului acestora în pești, mai ales în cazul reproducerii lor artificiale și creșterea în condiții de fermă piscicolă. Astfel, determinarea și argumentarea importanței cantitative și calitative a diferitor microelemente în dezvoltarea peștilor, la diferite etape ale ontogenezei, asupra plantelor și nevertebratelor acvatice reprezintă o direcție nouă atât pentru investigațiile hidrobiologice și ihtiologice, cât și pentru dezvoltarea acvaculturii și aprecierea calității produselor piscicole.

Aceste investigații au permis elaborarea noilor biotehnologii și procedee pentru piscicultură și acvacultură brevetate (*Procedeu de stimulare a dezvoltării peștilor-reproducători crescuți în heleșteie; Procedeu de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie; Procedeu de creștere a peștilor în policultură; Metoda de sporire a rezistenței biologice a peștilor; Procedeu de sporire a rezistenței biologice a peștilor la etapele timpurii de dezvoltare; Metoda de înmulțire artificială a chefalului pelingas - Mugil so-iuy Basilewsky , Procedeu de creștere peștilor ciprinide în heleșteie*). Invențiile elaborate au îmbunătățit esențial tehnologia de creștere a peștilor și au servit drept suport esențial în dezvoltarea pisciculturii, fiind implementate și menționate la expoziții internaționale cu peste 50 de medalii și certificate de excelență. O importanță vitală are și aprecierea calității produselor piscicole după nivelul de metale în pești [13-14].

Cuantificarea rolului funcțional și ponderii principalelor grupuri de hidrobionți (alge acvatice superioare-macrofite, nevertebrate planctonice-zooplanton și bentonice-zoobentos și perifiton) în migrația biogenă a metalelor, determinarea nivelului de bioconcentrare și influenței substanțelor chimice asupra dezvoltării peștilor la diferite etape ale ontogenezei (de la ontogeneza timpurie-icre, larve, alevini până la maturizarea și reproducerea peștilor), asupra proceselor producționale, cât și legitățile de acumulare a substanțelor chimice în organisme acvatice au devenit temeiul sau nucleul formării conceptului de evaluare a capacității de tampon a ecosistemelor acvatice și de determinare a limitei de toleranță a unor organisme acvatice la substanțe toxice care au permis descifrarea și estimarea proceselor de funcționare a ecosistemelor lentic și lotice în condițiile actuale de antropizare a mediului acvatic și a schimbărilor climatice [9, 10].

Nivelul acumulării metalelor în hidrobionți este unul dintre cei mai importanți indici în cadrul biomonitoringului metalelor în ecosistemele acvatice. Procesele biologice, care decurg în lacurile de acumulare

și cursurile de apă, modifică nu numai concentrațiile, dar și cantitățile absolute ale unor sau altor elemente chimice, inclusiv ale metalelor, în ecosistemele acvatice, de aceea aceste procese adesea sunt determinante în procesul de formare a calității apelor naturale și procesele de funcționalității ecosistemelor acvatice.

Algele superioare fiind destul de rezistente la influența metalelor și având un potențial înalt de a acumula concentrații destul de mari de metale, permite întrebuințarea lor în calitate de organisme monitoare, și care servesc funcția de biofiltre în procesele de autoepurare a apei de substanțele poluante [10,15], în același timp, plantele pot fi și sursă de poluare secundară ale ecosistemelor acvatice în perioada de toamnă-iarnă, astfel ele joacă un rol enorm în procesul migrației și circuitului elementelor chimice în ecosistemele acvatice. În prezent macrofitele practic acoperă cu un covor compact suprafața fl. Nistru și lacul de barag Dubăsari (Figura 1).



Figura 1. Nistrul inferior, 21 iulie 2025 (foto dr. Nina Bagrin)

Bine înțeles că în așa situații cu dezvoltarea enormă a plantelor superioare în fl. Nistru - sursa principală de aprovizionare cu apă, inclusiv potabilă în Moldova, cunoștințele despre acumularea microelementelor - metalelor în plantele acvatice au o valoare științifică și practică deosebită. În ultimii 3-4 ani pentru majoritatea plantelor acvatice, din bazinul hidrografic a fl. Nistru microelementele investigate în majoritatea sa se dispun în următoarea ordine descrescătoare a concentrațiilor: Fe, Mn, Al > Sr, Ba, Zn > Cu, Ag, As > Li, Ge, Ni, Te, Ti, Tl > Pb, V, Mo > Sn, Cr, Co > Cd, Hg.

Un loc important în rezolvarea problemelor biomonitoringului microelementelor și, în general, în discifrarea proceselor de funcționare a ecosistemelor dulcicole aparține stabilirii rolului și potențialului de bioacumulare cât și factorilor principali, care influențează acest proces în corpul nevertebratelor acvatice, cărora le revine ponderea principală în biodiversitatea ecosistemelor acvatice și care reprezintă una din verigile intermediare sau una finală a nevertebratelor în lanțul trofic. Pe lângă aceasta, ele se deplasează activ în spațiu, ceea ce adesea crează o imagine mai integră și mai obiectivă a mediului lor de viață. Astfel cercetarea legităților acumulării microelementelor în nevertebratele acvatice are, cu certitudine, o importanță atât teoretică, cât și practică. Aspectul aplicativ acestor investigații constă în protecția genofondului faunei și florei acvatice, elaborarea recomandărilor privind restaurarea și valorificarea durabilă a resurselor acvatice care și reprezintă rezistența și sustenabilitatea ecosistemului acvatic.

Concepția privind determinarea stării ecosistemelor acvatice prin stabilirea capacității de tampon a ecosistemelor acvatice și toleranței organismelor acvatice la substanțe ecotoxice, inițierea și dezvoltarea

investigațiilor ecotoxice ale ecosistemelor acvatice, și elaborarea noilor tehnici și modelări de laborator ecotoxice, argumentarea și estimarea proceselor de autoepurare-poluare secundară ale ecosistemelor acvatice permit descifrarea și estimarea proceselor funcționării ecosistemelor acvatice care reprezintă o nouă direcție de cercetare-inovare extrem de necesară în special privind prevenirea poluării prin intensificarea proceselor de autoepurare și remediere a stării ecologice a ecosistemelor acvatice, și nu în ultimul rând, pentru obținerea produselor piscicole ecologice și asigurarea cu apă potabilă calitativă a populației [9-11].

Astfel, dezvoltarea cercetării-inovării privind funcționarea ecosistemelor acvatice, migrația substanțelor chimice în sistemul polifuncțional “apa-suspensii-depunerii subacvatice-organisme acvatice” împreună cu estimarea biodiversității hidrobionților, inclusiv a ihtiofaunei ca precondiție a funcționării durabile a hidrobiocenozelor în vederea determinării capacității de tampon și ecologizarea pisciculturii și a calității apei, care prezintă o direcție științifică vitală deoarece acestea sunt axate pe problemele studiului multilateral privind funcționarea ecosistemelor acvatice continentale în condițiile schimbărilor climatice și impactului activității umane.

Concluzii

Aspectul inovativ constă în realizarea și sinteza rezultatelor a investigațiilor complexe multilaterale, completarea cu cunoștințe științifice convingătoare profunde și vizibile privind funcționarea ecosistemelor acvatice în temeiul cărora sunt elaborate și implementate noi metodologii de investigare și tehnici de laborator.

Actualitatea științifică a rezultatelor este asigurată prin utilizarea corectă a metodelor și tehnicilor moderne prin stabilirea diferitor legături ale proceselor de distribuție, bioacumulare și biomagnificare a unor substanțe chimice, succesiunilor hidrobiocenozelor, altor schimbări în mediul acvatic din ecosisteme lentic și lotice ale bazinelor hidrografice a fl. Nistru și r. Prut, prin elaborarea noilor tehnologii brevetate și fundamentarea științifică a măsurilor preventive orientate spre diminuarea efectelor degradante ale proceselor tehnogene, și schimbărilor climatice asupra ecosistemelor acvatice și metodologiilor de conservare a biodiversității.

Contribuția științifică constă în dezvoltarea cercetării-inovării privind funcționarea ecosistemelor acvatice, prin studiu migrației substanțelor chimice în sistemul polifuncțional “apa-suspensii-măluri-hidrobionți” împreună cu estimarea biodiversității hidrobionților, inclusiv a ihtiofaunei ca precondiție a funcționării durabile a hidrobiocenozelor în vederea determinării capacității de suport a ecosistemelor acvatice naturale și antropizate, cuantificarea biomigrației ecotoxicanților și elaborarea proceselor de bioremediere a ecosistemelor acvatice, intensificarea productivității și ecologizarea pisciculturii și a calității apei, care prezintă o direcție științifică vitală și care corespunde cerințelor actuale a științei academice a mediului de trai .

Monitorizarea ecosistemelor acvatice presupune nu fixarea unor indicatori de calitate apei, sau a diversității unor grupe de hidrobionți dar evaluarea funcționalității acestor ecosisteme prin descifrarea și corespunderea parametrilor fizico-geografice în deosebi hidrologice cu parametrii fizico-chimice apelor și starea hidrobiocenozelor sau parametrii biologice inclusiv nivelul de toleranță cât și dezvoltare abundentă a algelor sau hidrobionților provocată de starea mediului acvatic.

Finanțare. Investigațiile sunt realizate în cadrul proiectului național 20.80009.7007.06 AQUABIO (Program de Stat , 2020-2023), a subprogramului 010701 ZOOAQUATERRA al Universității de Stat din Moldova, a proiectelor internaționale ems BSB27 MONITOX -2018-2022, ems BSB165 HydroEcoNex-2018-2022 (Joint Operational Programme Black Sea Basin 2014-2020 funded by the European Union 2014-2020”), ems 2SOFT/1.2/47 -2020-2022 (Joint Operational Programme „România – Republica Moldova 2014-2020” funded by the European Union 2014-2020).

Bibliografie

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. Санкт - Петербург: Наука. 2000. 147 с.
2. Ecotoxicological methodological guide for environmental monitoring: problematics, laboratory techniques and health risk investigation editors: Elena Zubcov, Antoaneta Ene. – Chișinău: S. n., 2021 (Î.S. F.E.-P. “Tipografia

- Centrală”), 112 p. ISBN 978-9975-157-99-5. [https://zoology.md/sites/default/files/ 2021-10/ Ecotoxicological %20methodologica l% 20 guide % 202021.pdf](https://zoology.md/sites/default/files/2021-10/ Ecotoxicological %20methodologica l% 20 guide % 202021.pdf)
3. Guidance on the Monitoring of Water Quality and Assessment of the Ecological Status of Aquatic Ecosystems. Editors: Bilețchi Lucia, Zubcov Elena. Chișinău: S. n., 2020, a ieșit din tipar in 2021 (Î. S. F.E.-P. „Tipografia Centrală”), 92 p. ISBN 978-9975-157-05-6. <https://zoology.md/publicatii-noi>
 4. Hight-performance analytical techniques for the monitoring of toxicants in environment. Methodological guide / Tehnici analitice de înaltă performanță pentru monitorizarea substanțelor toxice din mediu. Ghid metodologic. / editor: Antoaneta Ene. – Cluj-Napoca, 2021 (Cartea Cărții de Știință), 180 p. ISBN 978-606-17-1848-1
 5. *Hydrochemical and hydrobiological sampling guidance*. Ed.Toderaș, I.; Zubcov, E; Bilețchi, L. Chișinău: Elan poligraf, 2015, 64 p. ISBN 978-9975-128-28-5, ISBN 978-9975-66-480-6
 6. Methodological guide for monitoring the hydropower impact on transboundary river ecosystems; editors: Elena Zubcov, Lucia Bilețchi. – Chișinău: S.n., 2021 (Î.S. F.E.-P. «Tipografia Centrală»), 80 p. ISBN 978-9975-47-198-5. https://zoology.md/sites/default/files/2021-0/Guide_Monitoring%20the%20 hydropower%20 impact_river% 20ecosystems_EN_0.pdf
 7. 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, pp.195-205
 8. 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, pp. 309-313, DOI 10-1093/toxsci/kfg 184
 9. ZUBCOV, E.; TODERAȘ, I.; ZUBCOV, N.; BILEȚCHI, L. Microelementele în componentele biosferei și aplicarea lor în agricultură și medicină. *Repartizarea, migrația și rolul microelementelor în aplele de suprafață*. Editura „Prontos”, Chișinău, 2016, pp.78-107. ISBN 978-9975-51-724-9.
 10. ZUBCOV, Elena, ZUBCOV, Natalia, BAGRIN, Nina, BILEȚCHI, Lucia, UNGUREANU, Laurenția, ENE, Antoaneta, SPANOS, Thomas, CIORNEA, Victor, CIORBA, Petru. Various aspects of the assessment of migration and role of metals in determining the functioning of aquatic ecosystems Dniester and Prut rivers. *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii*. Tom 39, No. 2/2023, pp.192-199. ISSN 1454-6914. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/24.%20Zubcov.pdf
 11. ZUBCOV, E.; ZUBCOV, N.; BAGRIN, N.; BILEȚCHI, 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, 232-236. ISSN 2067 – 2071
 12. Elena ZUBCOV*, Natalia ZUBCOV , Lucia BILEȚCHI , Nina BAGRIN , Antoaneta ENE, Victor CIORNEA , Petru CIORBA , Olga JURMINSKAIA Dynamics and migration of microelements-metals in the water-solid suspension system of the Prut River. *Present Environment and Sustainable Development* Volume 18, number 2, p.137-149, 2024 DOI: <https://doi.org/10.47743/pesd2024182008>, <https://www.pesd.ro/Pesd%20 vol%2018.2-2024 %20.html>
 13. ZUBCOV, E.I.; ZUBCOV, N.N.; ENE, A.; BILEȚCHI, L. Assessment of copper and zinc levels in fish from freshwater ecosystems of Moldova. *Environmental Science and Pollution Research*. 2012, 19(6), 2238–2247. ISSN: 0944-1344 (Print), 1614-7499 (Online). doi: 10.1007/s11356-011-0728-5
 14. ZUBCOV, E.; ZUBCOV, N. The dynamics of the content and migration of trace metals in aquatic ecosystems of Moldova. In: E3S Web of Conferences, 1, 32009, *Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Rome, Italy. Published online: 23 April 2013. DOI: 10.1051/e3sconf/20130132009. http://www.e3s- conferences.org/articles/e3sconf/ pdf/2013/01/ e3sconf _ichm13_32009.pdf
 15. ZUBCOV Natalia, Elena ZUBCOV¹, Lucia BILEȚCHI¹, Elena FILIPENCO Monitoringul acumulării microelementelor-metale în plantele acvatice pentru evaluarea funcționalității ecosistemelor acvatice . Materialele Simpozionului național „Starea ecosistemelor acvatice transfrontaliere ale Republicii Moldova”, ediția I-a, Chișinău, Republica Moldova, 14 noiembrie 2024, pp.121-126, <https://doi.org/10.53937/SEA2024.13>