

ACADEMIA DE ȘTIINȚE A REPUBLICII MOLDOVA

INSTITUTUL DE ZOOLOGIE

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 574.523(478:282.247.314)(043.3)

BORODIN NATALIA

**MIGRAȚIA ELEMENTELOR NUTRITIVE ȘI ROLUL LOR ÎN
ECOSISTEMELE FLUVIULUI NISTRU ȘI RÂULUI PRUT**

165.03 - IHTIOLOGIE, HIDROBIOLOGIE

Autoreferatul tezei de doctor în științe biologice

CHIȘINĂU, 2016

Teza a fost elaborată în Laboratorul de Hidrobiologie și Ecotoxicologie al Institutului de Zoologie al Academiei de Științe a Republicii Moldova

Conducător științific:

ZUBCOV Elena, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător

Referenți oficiali:

ȘALARU Victor, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar

SANDU Maria, doctor în științe chimice, conferențiar cercetător

Componența consiliului științific specializat:

TODERAȘ Ion, **președinte**, doctor habilitat în științe biologice,
profesor universitar, academician

BULAT Denis, **secretar științific**, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător

ENE Antoaneta, doctor habilitat în științe ingineresti, profesor universitar, România

UNGUREANU Laurenția, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător

GONȚA Maria, doctor habilitat în științe chimice, profesor universitar

GLADCHI Viorica, doctor în științe chimice, conferențiar universitar

Susținerea tezei va avea loc la „_____” decembrie 2016, orele _____ în ședința Consiliului științific specializat D 06 165.03 – 03 din cadrul Institutului de Zoologie al Academiei de Științe a Moldovei (MD 2028, Chișinău, str. Academiei 1, sala 352).

Tel./fax: (+373 22) 73 98 09. E-mail: izoolasm@yahoo.com.

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Științifică Centrală „Andrei Lupan” a Academiei de Științe a Moldovei (MD 2028 Chișinău, str. Academiei 5) și la pagina Web a CNAA (www.cnaa.md).

Autoreferatul a fost expediat la “_____” noiembrie 2016

Secretar științific al Consiliului științific specializat,

BULAT Denis, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător

Conducător științific

ZUBCOV Elena, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător

Autor

BORODIN Natalia

(© Borodin Natalia, 2016)

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea temei. Elementele biogene sunt componenții vitali în funcționarea ecosistemelor acvatice [26], prezența sau lipsa cărora în mod direct influențează dezvoltarea organismelor acvatice, deci și productivitatea totală a ecosistemelor acvatice, calitatea apei și nivelul ei de poluare [6]. Studiul proceselor de migrație a elementelor biogene în ecosistemele acvatice, la etapa actuală reprezintă un interes științific și practic ce a căpătat o importanță deosebită în legătură cu factorii care determină ciclurile biogeochimice, reflectă esența lor ecologică, desfășoară procesele producțional-destrucționale, estimează procesele de autoepurare și poluare secundară, nivelul de troficitate și toleranța ecosistemelor acvatice. Studiarea proceselor de migrație a macro- și microelementelor nutritive, a nivelului lor de acumulare în hidrobionți, în depunerile subacvatice a devenit o direcție importantă de cercetare care permite aprecierea circuitului lor în ecosistemele acvatice, descrierea amplă în timp și spațiu a stării ecologice, urmată de elaborarea principiilor de valorificare rațională a resurselor acvatice [5].

Fluviul Nistru și râul Prut sunt principalele artere acvatice ale Republicii Moldova, reprezintă sursa ce determină existența unor zone umede de importanță internațională, precum și starea ecosistemului Mării Negre, de aceea investigațiile asupra proceselor de migrație a macro- și microelementelor nutritive constituie una din direcțiile principale de cercetare.

Descrierea situației în domeniul de cercetare și identificarea problemelor de cercetare. Una din problemele științifice prioritare a fost și va rămâne determinarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice influențate de acțiunea factorilor naturali și antropici. Dezvoltarea agriculturii pe teritoriul Republicii Moldova în perioada anilor '80-90, precum și pătrunderea apelor uzate slab epurate până în prezent are ca consecință modificarea conținutului macro- și microelementelor nutritive în ecosistemele acvatice [27]. Ca rezultat ecosistemele acvatice au acționat ca un depozit de stocare, cum ar fi compușii organici, elementele biogene [1, 12], microelementele nutritive [18]. Raportul dintre conținutul diferitor forme ale elementelor biogene (azot și fosfor) este un indicator important în funcționarea ecosistemelor acvatice iar modificarea lor poate provoca apariția procesului de eutrofizare, caracterizat prin destabilizarea mecanismelor de funcționare a ecosistemelor acvatice [9], fenomen des întâlnit în ecosistemele acvatice investigate. Investigațiile privind stabilirea toleranței organismelor acvatice față de influența microelementelor nutritive precum și rolul hidrobionților în procesele de acumulare și migrare a lor în ecosistemele acvatice, în sistemul apă – depuneri subacvatice – hidrobionți devin tot mai actuale [10]. Necătfînd la spectrul larg de investigații efectuate este extrem de important sistematizarea datelor recente și efectuarea unui monitoring complex prin fundamentarea științifică a migrației macro-și microelementelor nutritive în fl. Nistru și r.Prut pentru stabilirea legităților migrației, determinarea importanței lor în funcționarea ecosistemelor acvatice.

Investigațiile privind migrația macro- și microelementelor nutritive în ecosistemele acvatice dau posibilitatea valorificării raționale și durabile a resurselor acvatice. Anume, aceste aspecte au și servit dovadă pentru realizarea investigațiilor noastre.

Scopul lucrării constă în cercetarea complexă a dinamicii migrației și rolului macroelementelor biogene (compușii azotului, fosforului, siliciului) și microelementelor nutritive (selen, cobalt, mangan, fier) în ecosistemele acvatice ale fluviului Nistru și râului Prut, ținând cont de complexul factorilor naturali și antropici vizînd aspectele de monitorizare și valorificare durabilă a resurselor acvatice.

Realizarea scopului determinat a preconizat trasarea următoarelor **obiective**:

- Cercetarea migrației și evaluarea rolului compușilor de azot, compușilor fosforului mineral și organic, siliciului în ecosistemele fluviul Nistru și râului Prut;
- Stabilirea legităților și nivelului de acumulare a microelementelor nutritive (Se, Co, Mn, Fe) în plante, nevertebrate bentonice, pești și determinarea importanței lor în sporirea productivității piscicole;
- Evaluarea rolului factorilor naturali și antropici în migrația și transformarea raportului dintre compușii elementelor biogene, în special a azotului și fosforului, în funcționarea ecosistemelor acvatice investigate;
- Determinarea coeficientului de acumulare și rolul unor specii de hidrobionți în procesul de migrație a elementelor biogene;
- Estimarea calității apei în baza elementelor biogene;
- Elaborarea recomandărilor practice privind monitorizarea, sporirea productivității și valorificarea durabilă a ecosistemelor acvatice.

Metodologia cercetării științifice. Drept fundament metodologic au constituit concepțiile teoretico-științifice prezentate în lucrările Vernadskii V.I. [20], Perelman A. I. [25], Vinberg G.G. [21], Alekin O. A. [19], Nikonorov A.M. [24], Toderaș I. [7], Zubcov E. [8], Zubcov N. [22]. Colectarea probelor hidrochimice și hidrobiologice s-a efectuat conform îndrumarilor metodice elaborate [4, 5].

Noutatea științifică. Pentru prima dată a fost efectuat un studiu complex al dinamicii multianuale, spațiale și sezoniere a compușilor de N, P, și Si în fl. Nistru și r.Prut. În premieră sunt stabilite dependențe funcționale dintre concentrațiile P_{tot} și efectivul bacteriilor saprofite și fosformineralizatoare; dintre concentrațiile Si și biomasa algelor diatomee; dintre nivelul de acumulare a P_{tot} și lungimea corpului moluștelor *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) și *Fagotia acicularis* (Ferussac, 1823). Sunt relevate legitățile de acumulare ale Se, Co, Mn, Fe în macrofite, moluște și pești (larve, alevini, pești maturizați). Pentru prima dată este specificată influența Se, Co, Co+Mn, Co+Fe, Mn+Fe asupra

dezvoltării icrelor de pește, a ritmului de creștere a larvelor și puietului de pești. În premieră este elaborat un procedeu de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie prin utilizarea complexului $Co+Mn$.

Problema științifică soluționată constă în *fundamentarea științifică a migrației macro- și microelementelor nutritive, transformării și rolului lor în funcționarea ecosistemelor acvatice, fapt care a condus la* evidențierea importanței acestor substanțe în procesele de eutrofizare a ecosistemelor acvatice, stabilirea efectelor stimulative și a celor de inhibare a microelementelor nutritive, determinarea toleranței organismelor acvatice, *pentru utilizarea lor ulterioară* la elaborarea propunerilor științifice privind sporirea productivității piscicole și valorificării raționale a ecosistemelor acvatice.

Semnificația teoretică. În cadrul investigațiilor efectuate au fost obținute noi date și cunoștințe cu privire la monitoringul științific complex realizat asupra migrației macro- și microelementelor nutritive în dependență de factorii naturali și antropici, determinată calitatea apei a ecosistemelor fl. Nistru și r. Prut. Sunt stabilite legăturile de acumulare și influența unor elemente nutritive asupra hidrobionților ca temei fundamental pentru determinarea toleranței organismelor acvatice, descifrarea legăturilor funcționării ecosistemelor acvatice.

Valoarea aplicativă. Materialele tezei au devenit parte componentă a proiectelor instituționale ale IZ AȘM 11.817.08.15A, 15.817.02.27A, proiectului pentru tineri cercetători 10.819.04.02A, proiectului bilateral cu Ucraina 14.820.18.02.01/U și internaționale finanțate de UE - MIS ETC 1150 și MIS ETC 1676, grantului internațional pentru doctoranzi finanțat de Federația Mondială a Științelor.

Metodologia de monitorizare a macro- și microelementelor pentru aprecierea stării ecologice a ecosistemelor acvatice au devenit parte componentă a ghidului *Ghid de prelevare a probelor hidrochimice și hidrobiologice* (Ro/En) și îndrumarului metodic *Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice*.

Stabilirea legăturilor de acumulare și rolului microelementelor în dezvoltarea hidrobionților a determinat elaborarea procedurii de dezvoltare a bazei trofice în heleșteie.

Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:

1. Dinamica multianuală sezonieră și spațială a compușilor azotului ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, N_{min} , N_{org} , N_{tot}), fosforului (P_{min} , P_{org} , P_{tot}), siliciului în ecosistemele fl. Nistru și r. Prut prin prisma influenței factorilor naturali și antropici;
2. Dinamica microelementelor nutritive (Se, Co, Mn, Fe) în apele fl. Nistru și r. Prut, legăturile și nivelul de acumulare a acestor elemente în plante acvatice, nevertebrate bentonice, pești;
3. Efectul pozitiv și inhibitor al Se, Co, $Co+Mn$, $Co+Fe$, $Mn+Fe$ în dezvoltarea, ritmul de creștere a peștilor la etapele de ontogeneză timpurie;

4. Estimarea calității apei și elaborarea recomandărilor practice privind monitorizarea ecosistemelor acvatice (2 lucrări științifico - metodice);
5. Posibilitatea utilizării microelementelor nutritive în acvacultură, sporirea productivității și valorificarea durabilă a ecosistemelor cu destinație piscicolă (Procedeu de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie).

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele prezintă interes și sunt utilizate de Ministerul Mediului întru realizarea prevederilor Strategiei privind conservarea diversității biologice și gestionarea districtului bazinului hidrografic Dunărea-Prut și Marea Neagră. Procedeu brevetat este apreciat cu medalie de aur și este implementat la Întreprinderea piscicolă.

Aprobarea rezultatelor științifice: Rezultatele au fost prezentate și discutate în cadrul diferitor foruri științifice naționale și internaționale: „Diversitatea, valorificarea rațională și protecția lumii animale” (Chișinău, 2009, 2014); „Международное сотрудничество и управление трансграничным бассейном для оздоровления реки Днестр” (Odesa, 2009); „Modern Problems of Aquatic Ecology” (St. Petersburg, 2010); „Бассейн реки Днестр: Экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами” (Tiraspol, 2010); „Materialele Simpozionului Științific Internațional. Rezervația Codrii - 40 ani” (Lozova, 2011); „Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity” (Chișinău, 2011, 2013); „Академику Л.С. Бергу – 135 (140) лет” (Bender, 2011, 2016); „Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья” (Tiraspol, 2012, 2014); „Environmental Challenges in Lower Danube Euroregion” (Galați, 2015).

Publicații: La tema tezei sunt publicate 30 lucrări științifice: 8 articole în reviste recenzate dintre care 2 fără coatori; 7 articole în culegeri la conferințe naționale/internaționale; 4 comunicări naționale și 1 internațională; coautor la 3 capitole din lucrări științifico-metodice.

Volumul și structura lucrării: Materialele tezei sunt expuse pe **111** pagini text de bază și cuprinde: introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări practice, bibliografie care include **281** surse, 5 anexe, **45** figuri și **4** tabele.

Cuvinte cheie: element biogen, fosfor, azot, siliciu, microelemente nutritive, migrare biogenă, monitoring, poluare, fluviul Nistru, râul Prut.

CONȚINUTUL TEZEI

INTRODUCERE. Este prezentată lucrarea în mod succint, în care este indicată actualitatea temei de cercetare, scopul și obiectivele, materialele și tehnicile analitice de cercetare, noutatea științifică, problema științifică soluționată, semnificația teoretică și valoarea aplicativă.

I. IMPORTANȚA ELEMENTELOR NUTRITIVE ÎN FUNCȚIONAREA ECOSISTEMELOR ACVATICE ȘI ROLUL FACTORILOR NATURALI ȘI ANTROPICI ÎN MIGRAȚIA LOR

Este expusă sinteza publicațiilor științifice din țară și de peste hotare pe tematica tezei care dovedesc actualitatea și importanța cercetării migrației elementelor nutritive în mediul acvatic. Este fundamentat unul din postulatele de bază ale monitoringului ecologic: aprecierea stării ecologice a ecosistemelor acvatice este imposibilă fără evaluarea factorilor fizico-geografici și a impactului poluării mediului în regiunea de cercetare; argumentate și incluse scopul și obiectivele lucrării.

2. MATERIALE ȘI TEHNICI ANALITICE DE CERCETARE

În acest capitol este descrisă poziția geografică a obiectelor de studiu - fl. Nistru și r. Prut și expus detaliat principalii factori fizico-geografici. Sunt indicate amplasarea punctelor de colectare a probelor și prezentate metodele unificate de cercetare în concordanță cu standardele din seria SM SR EN ISO. Aspectele metodologice de colectare, prelucrare, determinare a macro- și microelementelor nutritive au fost sistematizate și incluse în 2 lucrări științifico-metodice privind monitoringul complex al ecosistemelor acvatice, publicate în 2015 [4, 5].

3. DINAMICA, MIGRAȚIA ȘI ROLUL COMPUȘILOR DE AZOT, FOSFOR ȘI SILICIU ÎN ECOSISTEMELE FL.NISTRU ȘI R.PRUT

În acest capitol este descrisă detaliat dinamica multianuală, spațială și sezonieră a compușilor de azot (N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-), fosfor (P_{min} , P_{org} , P_{tot}), siliciu în ecosistemele fl.Nistru și r.Prut. Sunt stabilite și descrise legăturile transformărilor și migrației acestor compuși în dependență de factorii naturali și antropici.

3.1. Dinamica, migrația și rolul compușilor de azot în fl. Nistru și r. Prut

Ionii de amoniu (N-NH_4^+). Potrivit analizelor, în ultimii șapte ani valorile medii ale ionilor de amoniu au variat de la 0,002 până la 0,46 mgN/l în Nistru și de la 0,03 până la 0,3 mgN/l în Prut. Dinamica multianuală în fl. Nistru denotă o sporire de 5,75 ori mai mare în a.2015 decât în a.2009. În r. Prut, la fel, în aspect multianual ionii de amoniu au o tendință de majorare. Se constată că acțiunea factorilor de mediu pot influența (majora) conținutul lor în ecosistemele acvatice, fenomen ce coincide cu inundațiile puternice de vară (a.2010) și secetă hidrologică (a.2015) (Figura 3.1.). Migrarea spațială a ionilor de amoniu ne permite în mod vădit să observăm acțiunea factorului antropic, îndeosebi în aval de localitățile Soroca, Erjova, Varnița, Sucleia, pe Nistru și Leușeni, Leova, Cîșlița-Prut, Giurgiulești pe r. Prut. Dinamica sezonieră a ionilor de amoniu în ecosistemele investigate este complicată și diversă în aspect multianual, ce a depins de complexul factorilor naturali (regim hidrologic, hidrobiologic ș.a) și antropic.

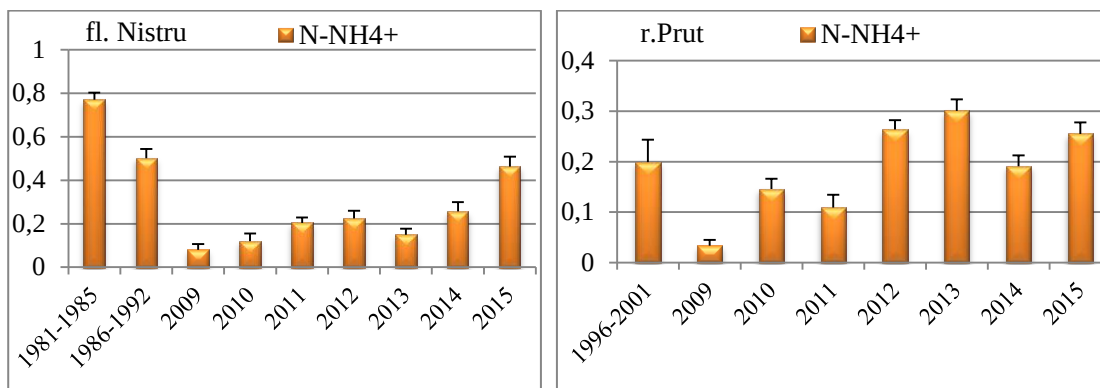


Fig. 3.1. Dinamica multianuală a ionilor de amoniu (N-NH_4^+) în apa fl. Nistru, și r.Prut, mgN/l

Dinamica și migrația nitriților (N-NO_2^-). În fl. Nistru, în perioada anilor 2009-2015 nitriții au avut o limită de variație a conținutului mediu de la $0,01 \pm 0,007$ mg N/l (2009) până la $0,063 \pm 0,02$ mg N/l (2015) iar în r. Prut de la $0,014 \pm 0,002$ până la $0,07 \pm 0,02$ mgN/l. Valorile maxime ale nitriților în cele două ecosisteme acvatice au corespuns anilor 2010 și 2015, ani cu parametri hidrologici diferiți, primul caracterizat prin inundații de proporții cu un debit mare al apei și altul caracterizat prin nivel critic al apei cauzat de seceta hidrologică. Valorile medii anuale ale ionilor nitrit din r. Prut înregistrate în ultimii șapte ani le depășesc de 2-3 ori pe cele din perioada '1996-2001, ceea ce indică la o poluare a r. Prut cu compuși organici și la un proces lent de mineralizare a lor. În fl. Nistru, conținutul nitriților sporesc pe cursul râului. Conținut sporit al nitriților se înregistrează în aval de or. Soroca, caracterizând apa ca moderat poluată. În r. Prut conținutul nitriților se reduce de la 0,03 mgN/l (Leușeni), până la 0,02 mgN/l (Gotești aval), care apoi sporesc la stațiile din sectorul inferior, datorită influenței activității portului internațional Giurgiulești (Figura 3.2).

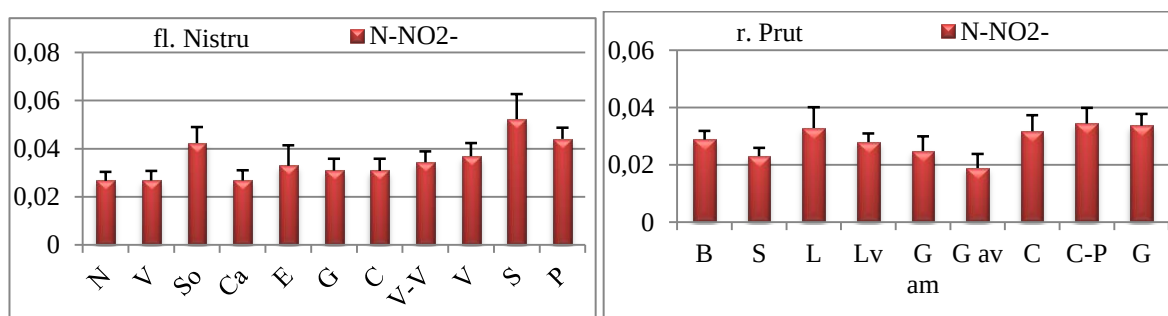


Fig.3.2. Dinamica spațială a conținutului ionilor nitrit (N-NO_2^-) în fl. Nistru (*N-Naslavcea*, *Vt-Vălcineț*, *So-Soroca*, *Ca-Camenca*, *E-Erjovo*, *G-Goieni*, *C-Cocieri*, *V-Vadul lui Vodă*, *V-Varnița*, *S-Sucleia*, *P-Palanca*) și r. Prut (*B-Braniște*, *S-Sculeni*, *L-Leușeni*, *Lv-Leova*, *G-Gotești amonte*, *Gav-Gotești aval*, *C-Cahul*, *C-P-Cîșlița-Prut*, *G-Giurgiulești*), valori medii anuale, 2009-2015, mgN/l.

Dinamica sezonieră a nitriților (N-NO_2^-) în fl. Nistru este prezentată prin cele mai mici cantități în perioada de primăvară care apoi apar în timpul verii și ating valori maxime în perioada de toamnă. În r. Prut conținutul maxim al nitriților poate fi înregistrat la sfârșitul verii (august) ce poate fi explicat prin procesele vitale ale fitoplanctonului, capacitatea algelor diatomee și algelor verzi de a reduce nitratații până la forma nitrit.

Dinamica migrației și rolul nitratilor (N-NO_3^-). În anii 2009-2015, în fl. Nistru, și r. Prut conținutul ionilor nitrat a înregistrat două curbe de variație, ce a corespuns anilor 2010 ($1,42 \pm 0,06 \text{ mgN/l}$) și 2013 ($1,44 \pm 0,03 \text{ mgN/l}$) pentru fl. Nistru și 2011 ($1,18 \pm 0,06 \text{ mgN/l}$) și 2013 ($1,18 \pm 0,06 \text{ mgN/l}$) pentru r. Prut.

Dinamica spațială a ionilor nitrat în fl. Nistru arată o majorare a lor până la Camenca, ca o posibilă descompunere a compușilor organici aduși de la stațiile din amonte. Pe tronsonul de râu Camanca – Cocieri, conținutul lor au o tendință de micșorare ca rezultat al utilizării de către macrofite. În sectorul Nistrului Inferior dinamica azotului de nitrati are o tendință de majorare până la Sucleia și din nou o descreștere la Palanca. În r. Prut conținutul minim al nitratilor fiind pe sectorul Braniște-Sculeni, cu o tendință de creștere treptată pe sectorul Leușeni-Cahul și cu o scădere pe tronsonul de râu Cîșlița-Prut-Giurgiulești.

Privind *dinamica sezonieră a ionilor nitrat (N-NO_3^-)* în fl. Nistru observăm valori maxime în perioada de primăvară ce poate fi explicată prin rezultatul proceselor de mineralizare din timpul iernii precum și neutilizării lui de către fitoplancton în acea perioadă. Valori mai reduse au fost înregistrate în perioada estivală și automnală. Rezultatele investigațiilor efectuate ne permit să constatăm că conținutul nitratilor în perioada de vară are o tendință de scădere pe cursul apei. Iar în perioada de toamnă invers, s-a înregistrat o sporire a nitratilor pe cursul fluviului (Figura 3.3).

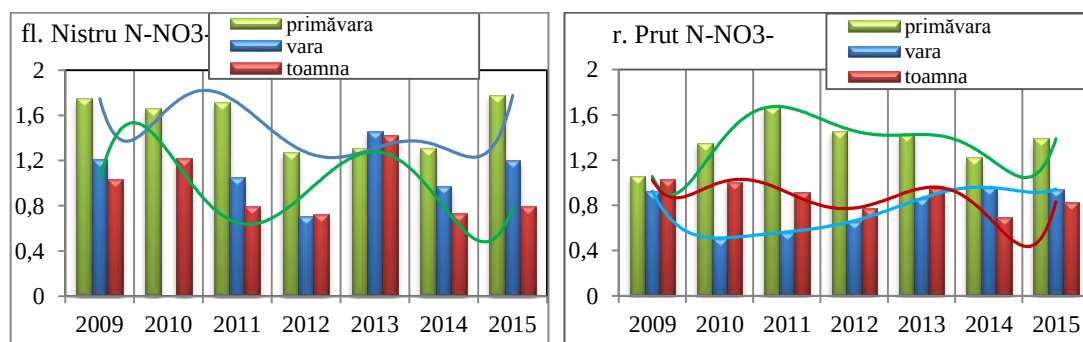


Fig.3.3. Variațiile sezoniere ale ionilor nitrat (N-NO_3^-) în fl. Nistru și r. Prut, mgN/l, 2009-2015

Dinamica sezonieră a nitratilor în r. Prut este bine evidențiată cu concentrații maxime în perioada de primăvară, minime - în perioada de vară fiind determinată de dezvoltarea fitoplanctonului și a plantelor acvatice superioare. Din cele expuse, putem menționa că dinamica spațială și sezonieră a ionilor de nitrati este în dependență de dezvoltarea plantelor acvatice inclusiv a fitoplanctonului.

Azotul mineral este un indice integral al calității apei și reprezintă suma ionilor de amoniu (N-NH_4^+), de nitrit (N-NO_2^-) și nitrat (N-NO_3^-). Prin studiul proceselor de transformare și migrație a formelor minerale de azot putem evalua procesele producționale-destrucționale din ecosistemele acvatice investigate. În perioada anilor 2009-2015 suma azotului mineral a fost redată conform relației: $\text{N-NO}_3^- > \text{N-NH}_4^+ > \text{N-NO}_2^-$.

Dinamica atât multianuală cât și cea sezonieră a azotului mineral (Nmin) în fl. Nistru și r. Prut este determinată în cea mai mare parte de conținutul nitratilor, care alcătuiesc cca 50% - 60% din conținutul total al azotului mineral ceea ce indică la petrecerea lentă a procesului de mineralizare a compușilor de azot.

În ultimii ani, 2009-2015, conținutul azotului total (Ntot) în apa fl. Nistru a înregistrat o curbă de descreștere a conținutului lui de la $3,11 \pm 1,1$ mgN/l în 2009 până la $1,68 \pm 0,62$ mgN/l în anul 2015 iar în r. Prut două amplitudini maxime de $3,82 \pm 1,06$ mgN/l (2011) și $4,1 \pm 0,42$ mgN/l (2013) care a fost provocată de sporirea conținutului azotului organic în anii nominalizați.

Un indice în funcționarea ecosistemelor acvatice reprezintă coraportul dintre conținutul azotului mineral și cel organic. În perioada celor 7 ani de cercetare în apa fl. Nistru s-a observat un fenomen de inversie în raportul Nmin:Norg . Din a.2009 până în a.2012, în apa fl. Nistru, conținutul azotului organic și a celui mineral au avut valori foarte apropiate, azotul organic prelua asupra celui mineral doar cu 3-4% mai mult. Începând cu a. 2013 până în 2015, s-a observat micșorarea conținutului de azot organic, ceea ce a condus la inversarea acestui coraport cu prevalarea azotului mineral. Din a.2013 până în a.2015 conținutul azotului mineral a alcătuit de la 66% (2009) – 79% (2014) - 73% (2015) din conținutul azotului total (Figura 3.4). La fel și în r. Prut, în ultimii doi ani s-a petrecut inversia coraportului dintre conținutul azotului mineral și cel organic.

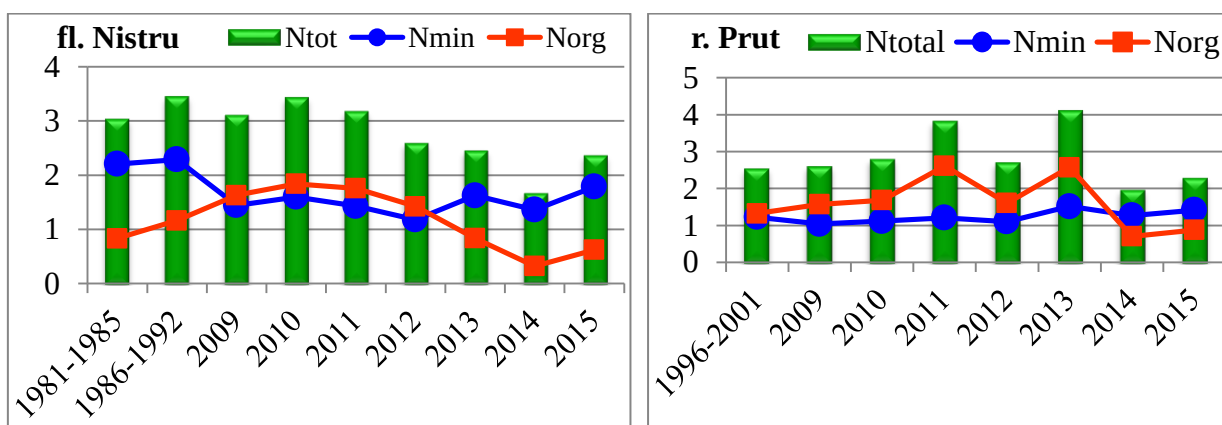


Fig. 3.4. Dinamica multianuală a conținutului azotului mineral (Nmin), organic (Norg) și total (Ntot) în fl. Nistru și r. Prut, mgN/l.

3.2. Dinamica, migrația și rolul compușilor fosforului în fl. Nistru și r. Prut.

Dinamica multianuală a conținutului de fosfor total în fl. Nistru și r. Prut relevă faptul că, pentru unii ani conținutul lor este mai sporit decât a fost cu 15-20 ani în urmă (Figura 3.5.).

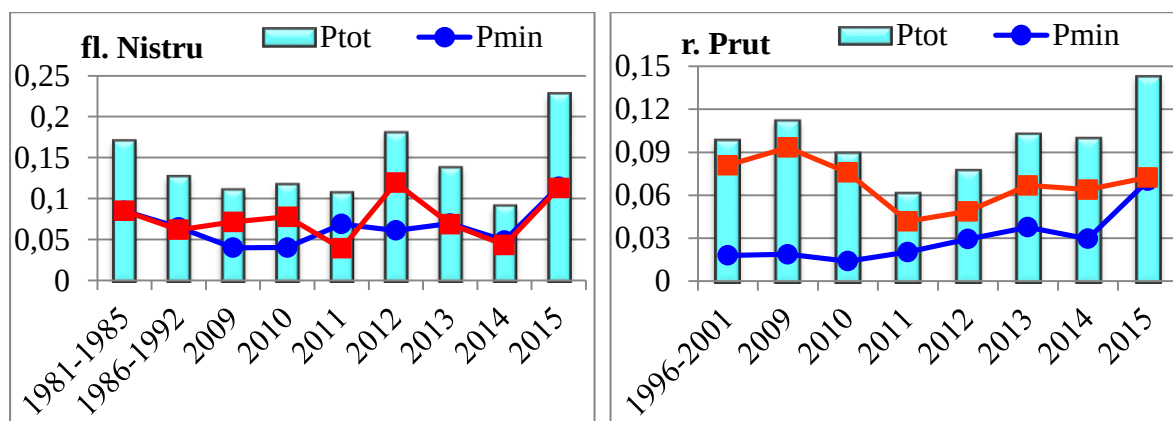


Fig.3.5. Dinamica multianuală a conținutului fosforului mineral (Pmin), organic (Porg) și total (Ptot) în apa fl. Nistru și r. Prut, 2009-2015, mgP/l

S-a constatat că în ultimii ani conținutul fosforului organic este superior celui mineral, indiferent de micșorarea măsurilor agricole și a micșorării utilizării îngrășămintelor. Dinamica spațială a fosforului total în fl. Nistru a înregistrat sporire pe cursul apei, îndeosebi la Soroca și în sectorul său inferior.

Deoarece conținutul fosforului depinde de raportul dintre intensitatea proceselor de fotosinteză a producției primare și descompunerea compușilor organici, conținutul lui în fl. Nistru și r. Prut este supus unei dinamici sezoniere cu concentrații minime în perioada de primăvară și vară și maxime în perioada de toamnă.

În explicarea dinamicii compușilor de fosfor a fost stabilită o corelație directă între concentrația fosforului mineral și fosforului total cu cantitatea bacteriilor saprofite (Figura 3.6.a) și o corelație strânsă între concentrația fosforului mineral în straturile de apă și efectivul bacteriilor care participă în circuitul fosforului în mediul acvatic (Figura 3.6. b).

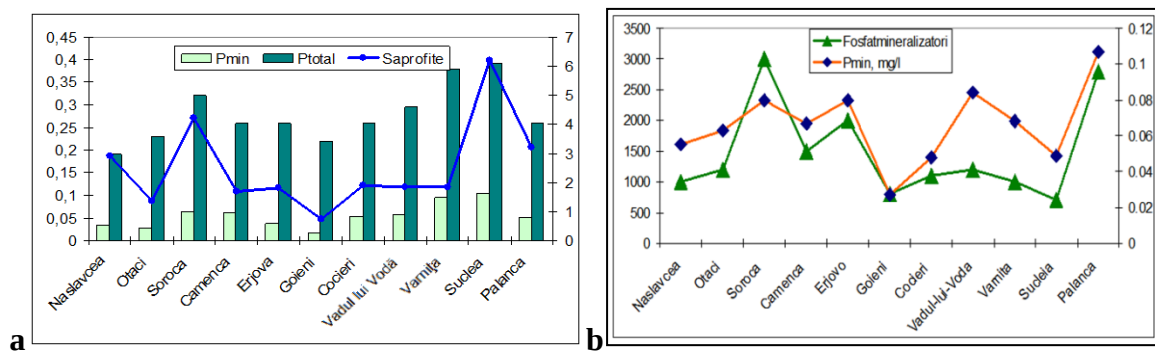


Fig.3.6. Raportul dintre efectivul numeric al bacteriilor saprofite (mii.cel/ml), efectivul numeric al bacteriilor fosfatmineralizatoare și concentrația fosforului mineral și total, în fl. Nistru, mg P/l, vara 2012

Migrația fosforului în sistemul apă-hidrobionți-sedimente subacvatice. Mecanismele de migrare a fosforului în sistemul apă - depuneri subacvatice sunt complicate și depind de particularitățile compușilor de fosfor din sedimentele acvatice, de conținutul lor precum și de condițiile fizico-chimice, hidrologice și biologice care se petrec la hotarul dintre aceste două sisteme. Pentru a determina migrația diferitor forme ale fosforului în anii 2011-2012 s-a cercetat nivelul compușilor de fosfor în cea mai mobilă parte a sedimentelor – soluția apoasă obținută prin centrifugarea sedimentelor subacvatice proaspăt colectate. În majoritatea cazurilor concentrațiile fosforului mineral în soluțiile apoase ale depunerilor subacvatice au fost mai mari (de 3-15 ori) decât cele din straturile de apă. Rezultatele obținute ne permit să concludem că migrația fosforului mineral în fl. Nistru decurge din apă în depunerile subacvatice.

Rezultatele obținute în 2011, ne arată că, conținutul fosforului mineral din soluțiile sedimentelor subacvatice din sectorul inferior al fl. Nistru depășeau conținutul fosforului mineral din apă sau în unele cazuri au avut valori apropiate. În acest an, în sectorul inferior al Nistrului au fost înregistrate numai două cazuri când conținutul fosforului mineral din apă l-a depășit pe cel din depunerile subacvatice de 4 ori. Acestea au fost înregistrate în perioada de vară la Varnița și în perioada de toamnă la Sucleia.

Rezultatele obținute în a. 2012 au indicat că, în comparație cu a.2011, în fl. Nistru pe cursul râului conținutul fosforului mineral din depunerile subacvatice a fost mai mare decât a celui din apă. În aspect sezonier în a. 2012, primăvara valoarea maximă a conținutului de fosfor mineral în depunerile subacvatice a fost înregistrat la Vălcineț (0,315 mgP/l), vara - la Sucleia (0,365 mgP/l) și toamna - la Varnița (1,33 mgP/l). În dinamica spațială conținutul fosforului mineral din depunerile subacvatice a fost mai mare decât cel din stratul de apă.

La fel și conținutul fosforului total din depunerile subacvatice a fost superior celui din stratul de apă, cu excepție la Vadul-lui-Vodă și Palanca în perioada de vară când conținutul fosforului total din apă depășea valoarea din depunerile subacvatice de cca 1,5 ori.

La reîntoarcerea fosforului în stratul de apă, contribuie și activitatea vitală a peștilor, bentosului precum și a macrofitelor. Pentru dezvoltarea sa, macrofitele folosesc fosforul din sedimente sau apă care, la rândul lui, îl vor elibera înapoi în aceleași medii în perioada de toamnă-iarnă, intervenind în circuitul fosforului.

În anul 2011 concentrațiile fosforului total în depunerile subacvatice ale fl. Nistru nu a depășit valoarea de 1 mgP/l, atunci în 2012 la unele sectoare (la Camenca, Sucleia și Varnița s-a înregistrat o sporire a conținutului fosforului total în depunerile subacvatice de 2-5 ori. De menționat și faptul că în toamna a. 2012 la Varnița au fost înregistrate cele mai mari valori ale conținutului compușilor de fosfor: fosfor mineral (1,33 mgP/l), fosfor organic (4,65 mgP/l) și fosfor total (5,98 mgP/l). Este evidentă influența factorului antropic prin poluarea râului.

Rezultatele investigațiilor denotă faptul că, în dinamica spațială (pe cursul râului), între concentrațiile fosforului total din soluțiile apoase ale depunerilor subacvatice și cele din apă este o corelație invers proporțională ($r=0,98$) - la sporirea concentrației fosforului total din apă are loc micșorarea lui în depunerile subacvatice.

În ecosistemele acvatice, o verigă importantă în migrarea biogenă a fosforului le revin hidrobionților, prin procesele sale metabolice [1, 16], când fosforul se acumulează în organismele acvatice, migrează în lanțurile trofice, apoi se reintorc din nou în straturile de apă sau, ca exemplu, împreună cu cochilia se depun pe un timp îndelungat în depunerile subacvatice [14].

Noi am cercetat acumularea fosforului în 3 specii de moluște *D. polymorpha*, *T. fluviatilis* și *F. acicularis*. S-a studiat acumularea fosforului în speciile de moluște sus-numite pe cursul fl. Nistru în dependență de anotimp și mărimea moluștelor.

Pentru specia *T. fluviatilis* (exemplare cu lungimea corpului de 0.5 mm), s-a stabilit că nivelul de acumulare a fosforului are o tendință evidentă de creștere din primăvară spre toamnă când concentrația fosforului este de 2 ori mai mare în comparație cu cea din primăvară. Nivelul de acumulare a fosforului în corpul acestei specii este în dependență de concentrația fosforului în apele și depunerile subacvatice ale ecosistemelor investigate. Cu sporirea conținutului de fosfor total din apă și soluțiile apoase ale depunerilor subacvatice pe cursul râului se observă și o creștere a conținutului de fosfor total în corpul *T. fluviatilis* (Figura 3.7.).

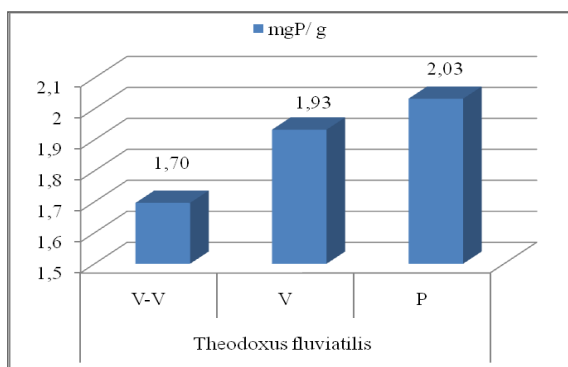
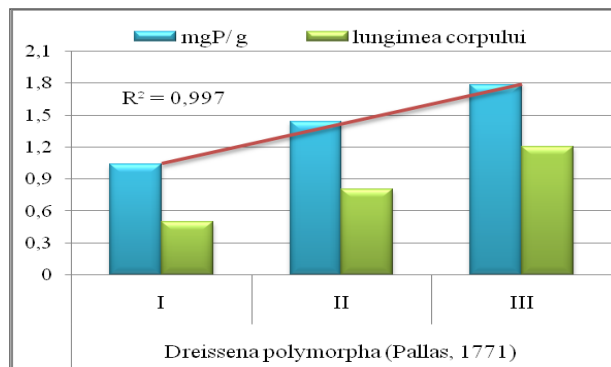


Fig.3.7. Concentrația fosforului (mgP/g de masă abs. uscată) în corpul *Theodoxus fluviatilis* (n=45), în fl. Nistru (V-V – Vadul lui Vodă, V-Varnița, P-Palanca), toamna, 2012

Analogic este dinamica acumulării fosforului și în corpul *F. acicularis* - nivelul de acumulare crește pe cursul apei fl. Nistru din primăvară spre toamnă, fiind la Camenca egală cu 1,88 mg/g de masă abs. uscată, la Varnița - 2,0 mg/g de masă abs. uscată și la Sucleia de 2,13 mg/g de masă abs. uscată. Prin analiza statistică, pentru *F. acicularis* s-a stabilit o dependență evidentă pozitivă dintre lungimea corpului și conținutul de fosfor în indivizii acestor specii colectați la Camenca ($r>0.82$) și la Varnița ($r>0.97$).

D. polymorpha este o specie dominantă în ecosistemele acvatice ale Moldovei. Rolul ei în migrația biogenă a substanțelor chimice este destul de mare și este determinat de metabolismul, efectivul, biomasa, producția acestei specii și starea mediului de trai. Nivelul de acumulare a fosforului în corpul de dreisenă este în dependență directă de masa corpului (Figura 3.8.).

Fig.3.8. Dinamica concentrării fosforului (mg/g de masă abs.uscată) în *Dreissena polymorpha* pe grupe de vârste Gr.I, L=0.5 cm; Gr.II, L=0.8 cm; Gr.III, L=1.2cm) în fl. Nistru, n=23.



Prin prelucrare statistică s-a stabilit o dependență liniară pozitivă între concentrația fosforului din apă și lungimea corpului *D. polymorpha*, ($r > 0.9$).

3.3. Dinamica siliciului în sistemul apă-depunerii subacvatice.

În componența apelor naturale, siliciul, este un element stabil întâlnit. Siliciul este macronutrientul principal pentru algele diatomee (*Bacillariophyceae*), limitarea căruia este mai gravă decât ar fi cea după azot (N) sau fosfor (P). Conform datelor Laboratorului Hidrobiologie și Ecotoxicologie este stabilită o corelație evidentă între concentrația siliciului și biomasa algelor diatomee (Figura 3.9).

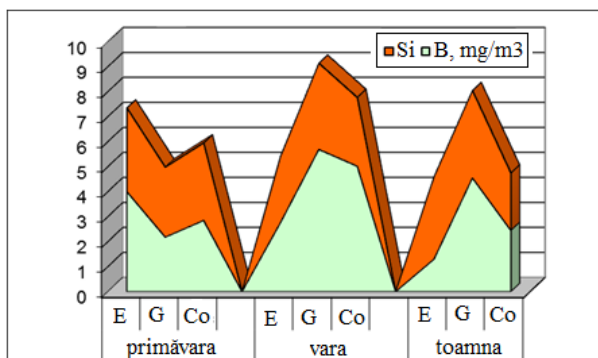
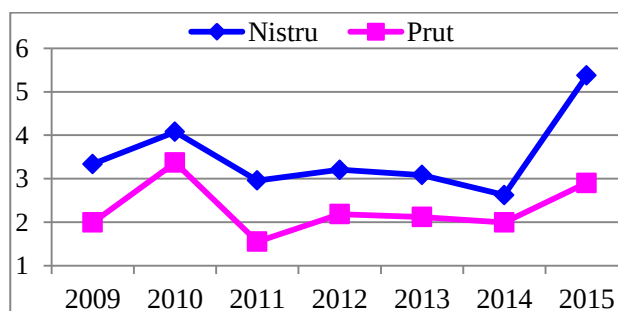


Fig.3.9. Corelația dintre biomasa algelor *Bacillariophyta* și concentrația Si în lacul de acumulare Dubăsari (E-Erjovo, G-Goieni, Co-Cocieri)

Dinamica multianuală (Figura 3.10) denotă că pentru fl. Nistru sunt caracteristice concentrațiile mai mari a compușilor de siliciu decât pentru r. Prut. Atât în fl. Nistru cât și în r.Prut, concentrația lui are o tendință de micșorare pe cursul apei.

Fig. 3.10. Dinamica multianuală a compușilor de siliciu în fl. Nistru și r. Prut, mg/l, 2009-2015



În depunerile subacvatice ale fl. Nistru, compușii siliciului au fost depistați în cantități de ordinul unităților și zecilor, cu valoarea maximă de 27,5 mg/l la Vălcineț și minimă de 7,33 mg/l la Vadul lui Vodă.

Calitatea apelor. Conform conținutului ionilor de amoniu calitatea apelor fl. Nistru s-a transformat din clasa I în clasa II pînă în clasele III-IV (2015) (Tabelul 3.1.) și în r. Prut din clasa I în clasa II.

	primăvara	vara	toamna
Naslavcea	III	I	I
Vălcineț	III	I	I
Soroca	III	III	III
Camenca	II	III	II
Erjova	II	III	I
Goieni	I	IV	II
Cocieri	II	III	III
Vadul-lui-Vodă	II	III	II
Varnița	III	IV	IV
Sucleia	II	III	IV
Palanca	II	III	III

Tabelul 3.1. Calitatea apei, conform conținutului ionilor de amoniu (N-NH_4^+) în apa fl. Nistru, anul, 2015

Conținutul nitraților atribuie apele investigate la clasele I și II de calitate. Conform conținutului compușilor de fosfor calitatea apelor în ambele ecosisteme s-a înrăutățit trecînd din clasa I-II - în clasa III de calitate.

3.4. Concluzii la capitolul 3

1. Sunt stabilite și descrise trendurile multianuale a migrației, spațiale și sezoniere a dinamicii compușilor de azot (N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-), azotului mineral și organic, fosforului mineral și organic, siliciului în ecosistemele fl. Nistru și r. Prut. Precipitațiile atmosferice, scurgerile de pe terenurile agricole, apele menajere sunt factorii determinanți în dinamica elementelor nutritive.
2. Analiza statistică a datelor din perioada 2009-2015 privind conținutul ionilor de amoniu și de nitrit în apele fl. Nistru și r. Prut a indicat sporirea lor în aspect multianual.
3. Concentrațiile compușilor ionilor de amoniu, de nitrit și nitrat și fosforului mineral și organic, în 2015 care au atins valorile anilor '80-90 ai secolului trecut, perioada cu agricultură intensivă.
4. Conform conținutului ionilor de amoniu calitatea apelor fl. Nistru s-au transformat din clasa I în clasa II și pînă în clasele III-IV (2015) și în r. Prut din clasa I în clasa II. Conținutul nitraților atribuie apele investigate la clasele I și II de calitate. Conform conținutului compușilor de fosfor calitatea apelor în ambele ecosisteme s-a înrăutățit trecînd din clasa I-II - în clasa III de calitate.
5. Sunt stabilite corelații directe între concentrația fosforului mineral și fosforului total cu cantitatea bacteriilor saprofite și cu efectivul bacteriilor care participă în circuitul fosforului în mediul acvatic, la fel dintre concentrația siliciului și algele diatomee.
6. Condițiile fizico-chimice (valorile pH-ului, concentrația oxigenului dizolvat, consumul chimic al oxigenului) cît și raportul dintre concentrațiile fosforului în straturile de apă și

soluțiile apoase ale depunerilor subacvatice ne permit să concludem că migrația fosforului mineral decurge din apă în depunerile subacvatice.

7. Rezultatele investigațiilor denotă faptul că, în dinamica spațială (pe cursul râului), între concentrațiile fosforului total din soluțiile apoase ale depunerilor subacvatice și cele din apă este o corelație invers proporțională ($r=-0,98$).
8. Sunt stabilite legăturile acumulării fosforului în corpul *Dreissena polymorpha*, *Theodoxus fluviatilis* și *Fagotia acicularis* în dependență de lungimea corpului acestor moluște.

4. DINAMICA, MIGRAȚIA ȘI IMPORTANȚA MICROELEMENTELOR NUTRITIVE ÎN ECOSISTEMELE ACVATICE

Cercetarea migrației microelementelor în apele de suprafață cât și aprecierea acțiunii lor asupra hidrobionților are o importanță fundamentală în descifrarea proceselor funcționării ecosistemelor acvatice. În acest context trebuie evidențiat acțiunea microelementelor nutritive asupra hidrobionților și a cercetărilor ecotoxicologice orientate spre descoperirea legăturilor efectului tehnogen asupra nivelului de acumulare a lor în hidrobionți și, în special, asupra creșterii și dezvoltării lor [8]. Cunoașterea legăturilor acțiunii elementelor chimice asupra modificării intensității și direcției proceselor de biosinteză are nu doar o importanță științifică, ci și oferă mari posibilități în utilizarea microelementelor în scopul unei acțiuni direcționate asupra diferitor aspecte ale proceselor metabolice, a optimizării conținutului lor în organismul peștilor și, mai ales, în cazul reproducerii lor artificiale [22].

4.1. Dinamica microelementelor în apele fl. Nistru și r. Prut și nivelul lor de acumulare în hidrobionți.

Microelementelor le revine un rol indiscutabil în metabolismul organismelor vii. În cantități mici sunt necesare tuturor formelor vitale ce asigură derularea multor procese de importanță vitală, însă în cantități mari majoritatea microelementelor sunt toxice. Diferența dintre concentrațiile în care microelementele sunt utile și cele în care sunt dăunătoare poate fi uneori foarte mică, din această cauză determinarea diapazonului concentrațiilor cu efect de deficit, favorabil și dăunător sau toxic este important și actual pentru managementul și valorificarea durabilă a resurselor acvatice [8].

Seleniul, poate avea atât o influență pozitivă cât și negativă asupra organismelor vii și asupra ecosistemelor acvatice, care depinde atât de concentrația și proprietățile compușilor chimici de seleniu cât și de procesele metabolice și starea plantelor și animalelor [15, 23].

Concentrațiile seleniului în apele fl. Nistru nu depășesc $2,0 \mu\text{g/l}$. În perioada de vară sunt stabilite cele mai mici concentrații, iar toamna - cele mai mari. În dinamica spațială conținutul lui, în medie, este mai mare în sectorul inferior. În r. Prut, este stabilită o creștere a

concentrațiilor pe cursul râului cu mici excepții. În apele r. Prut, la fel ca și în fl. Nistru cele mai mici concentrații ale seleniului sunt stabilite în perioada de vară (iulie) și cele maxime - în perioada de toamnă (septembrie-octombrie).

Cobaltul este un microelement important însă unul dintre metale puțin studiate în ecosistemele acvaticе. În fl. Nistru concentrațiile cobaltului dizolvat în majoritatea de cazuri este sub 0,2 $\mu\text{g/l}$, și numai în perioada de toamnă atinge valorile de 0,85 $\mu\text{g/l}$ în sectorul Nistrului inferior (Figura 4.1.).

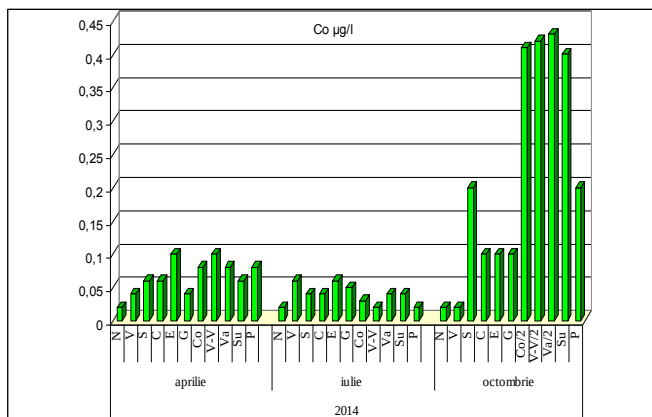


Fig. 4.1. Dinamica cobaltului în apele fl. Nistru, (N-Naslavcea, V-Vălcineț, S-Soroca, C-Camenca, E-Erjova, G-Goieni, Co-Cocieri, Vv-Vadul-lui-Vodă, Va-Varnița, Su-Sucleia, P-Palanca)* în octombrie concentrațiile la Co, Vv și Va sunt micșorate de 2 ori), 2014, $\mu\text{g/l}$

În r. Prut s-a observat o tendință mai clară a creșterii concentrației lui pe cursul râului, în peste 90% din cazuri conținutul lui a fost sub 0,3 $\mu\text{g/l}$, și numai primăvara în martie la Cîșlița-Prut și Giurgiulești a atins 3,7 $\mu\text{g/l}$ și 7,2 $\mu\text{g/l}$, corespunzător, și în aprilie la Giurgiulești - 5,8 $\mu\text{g/l}$. În dinamica sezonieră s-a constatat o tendință evidentă de creștere a concentrațiilor lui în apele r. Prut din vară spre toamnă, fiind minime în perioada de iarnă.

Hidrobionții s-au dovedit a fi macroconcentratori pentru acest microelement. Pentru plantele din fl. Nistru - *Phragmites australis* (Cav.), *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton crispus* L., coeficientul de acumulare atinge valorile de 345000, și - 332000 în r. Prut. Coeficientul acumulării în corpul moluștelor *D. polymorpha* și *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) atinge valorile de -717000 pentru corpul moale și - 205000 pentru cochilie.

Manganul. Conținutul manganului oscilează în limite destul de mari: de la 0,12 $\mu\text{g/l}$ până la 56,4 $\mu\text{g/l}$ în fl. Nistru și de la 0,2-57,9 $\mu\text{g/l}$ în r. Prut. În dinamica sezonieră, în fl. Nistru și în r. Prut, cele mai mici concentrații sunt caracteristice lunilor cu temperatura apei peste 20°C.

Coeficientul acumulării biologice a macrofitelor (*P. australis*, *P. perfoliatus*, *P. crispus*) are un diapazon foarte mare: 1875-245300 - în fl. Nistru și 2000-216000 - în r. Prut. Coeficientul acumulării biologice în moluștele, *D. polymorpha* și *U. pictorum*, este de 915-844550 - pentru țesuturile moi și 332-141800 - pentru cochilie.

Fierul. Valorile maxime în fl. Nistru sunt de până la 15 $\mu\text{g/l}$, iar în r. Prut până la 32 $\mu\text{g/l}$, și sunt supuse fluctuațiilor pe cursul apei, fiind mai mici în primăvară și sporesc spre toamnă-iarnă, odată cu scăderea temperaturii apei. Nivelul de concentrare a fierului în plantele acvatice

este cel mai înalt dintre microelementele cercetate și este un indicator care denotă importanța majoră a macrofitelor în circuitul și migrația microelementelor - metale în ecosistemele acvatice. Cele mai înalte concentrații a microelementelor sunt caracteristice pentru *Ceratophyllum demersum L.* și *Myriophyllum demersum L.*, cele minime – pentru *P. australis*.

4.2. Acumularea microelementelor biogene și rolul lor în ontogeneza peștilor.

Studierea influenței microelementelor asupra peștilor în ontogeneza timpurie este actuală deoarece unele și aceleași concentrații în diferite condiții, pentru diferite specii de pești și chiar grupe de vîrstă, pot atît să stimuleze, cît și să inhibe creșterea și dezvoltarea peștilor [22]. Astfel, stabilirea rolului și legităților de acumulare a microelementelor în icre, larve și puiet se referă la investigații cu o valoare deosebită atît pentru aprecierea stării ecologice a ecosistemelor acvatice, cît și pentru modificarea și perfectarea biotehnologiilor în acvacultură îndeosebi în piscicultura ecologică. Pentru a preciza legitățile de acumulare a microelementelor în larvele peștilor ciprinide s-au efectuat experiențe de acvariu, prin adăugarea de soluții de cobalt și mangan de diferite concentrații în acvariile în care au fost plasate cîte 300 de larve (de a treia zi după eclozare) de crap *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) și de novac *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1845). Rezultatele demonstrează o legătură destul de evidentă liniară pozitivă între procesele de acumulare a microelementelor în larvele crapului *C. carpio* și novacului *A. nobilis*, de conținutul acestor microelemente în mediul acvatic (Figura 4.2.).

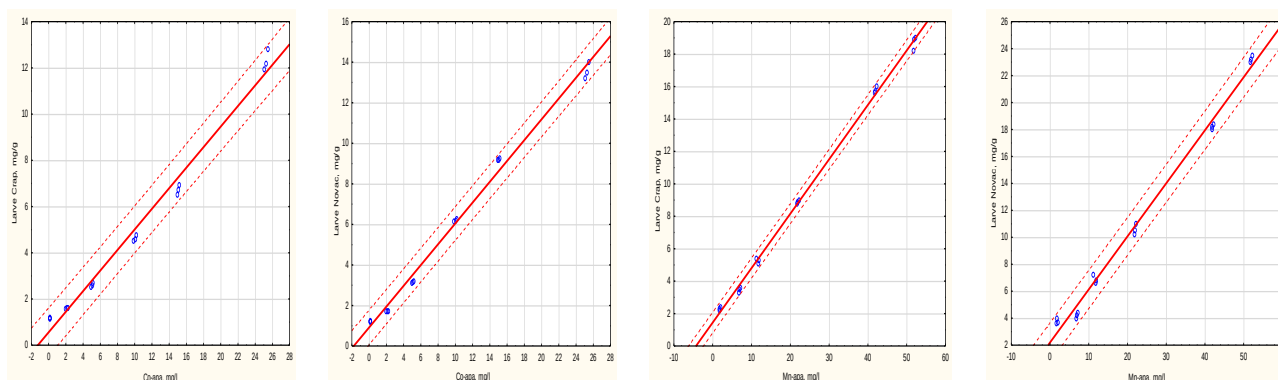


Fig. 4.2. Dependența acumulării cobaltului și manganului în larvele *C. carpio* și *A. nobilis* de conținutul acestor microelemente în apă (condiții de experiment)

În acvariile cu experiențe, în a 10-ea zi au aparut metamorfizarea larvelor – în puiet, care a fost mai uniformă în acvariile cu concentrațiile cobaltului de 10-20 $\mu\text{g/l}$ și cu mangan - cu concentrațiile 20-40 $\mu\text{g/l}$. Putem să concludem că concentrațiile cobaltului utilizate în experimente (pînă la 20 $\mu\text{g/l}$) și manganului (pînă la 50 $\mu\text{g/l}$) sunt prielince pentru larvele peștilor ciprinide.

Astfel sunt stabilite legitățile de acumulare a cobaltului (Co $\mu\text{g/g}$) și manganului (Mn, $\mu\text{g/g}$) în **larvele** *C. carpio* în dependență de concentrația microelementelor (Co, $\mu\text{g/l}$) și (Mn, $\mu\text{g/l}$) în apă care sunt descrise de următoarele ecuații de regresii:

$$\text{Co, } \mu\text{g/g} = (0,558 \pm 0,166) + (0,442 \pm 0,013) * \text{Co, } \mu\text{g/l} \quad r=0,99,$$

$$\text{Mn, } \mu\text{g/g} = (1,442 \pm 0,105) + (0,336 \pm 0,036) * \text{Mn, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,99.$$

Pentru **larvele** *A. nobilis* aceste legități de acumulare a cobaltului (Co $\mu\text{g/g}$) și manganului Mn ($\mu\text{g/g}$) se descriu cu următoarele ecuații:

$$\text{Co, } \mu\text{g/g} = (0,913 \pm 0,135) + (0,513 \pm 0,011) * \text{Co, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,99,$$

$$\text{Mn, } \mu\text{g/g} = (2,197 \pm 0,241) + (0,394 \pm 0,032) * \text{Mn, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,97.$$

La fel, au fost efectuate lucrări experimentale **cu puietul** *C. carpio* și *A. nobilis*, ce ne demonstrează o corelație bună ($r > 0,96$) dintre nivelul de acumulare al cobaltului (Co $\mu\text{g/g}$) și manganului (Mn, $\mu\text{g/g}$) și conținutul acestor microelemente (Co, $\mu\text{g/l}$) și (Mn, $\mu\text{g/l}$) în apă. Cea mai evidentă corelație este stabilită pentru acumularea cobaltului în puietul de crap *Cyprinus carpio* (Figura 4.3.).

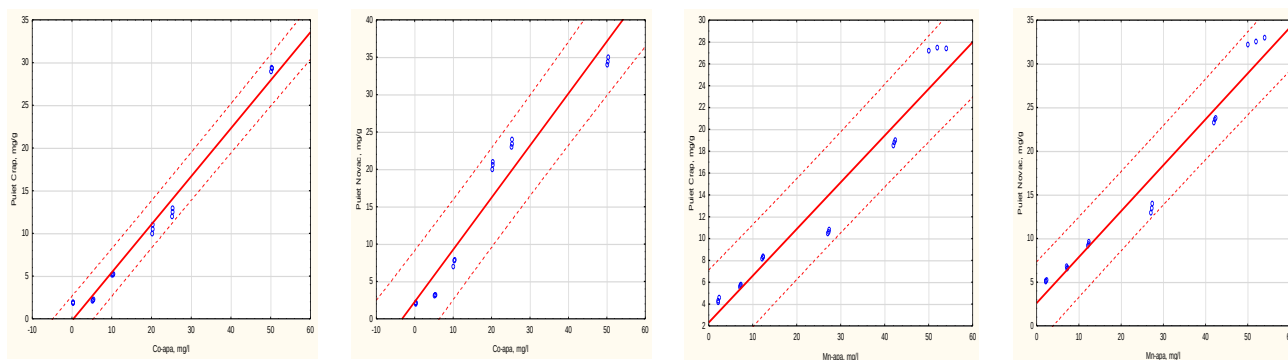


Fig. 4.3. Dependența acumulării cobaltului și manganului în puietul crapului și novacului de conținutul microelementelor din apă (*condiții de experiment*)

Legitățile de acumulare a cobaltului (Co, $\mu\text{g/g}$) și manganului (Mn, $\mu\text{g/g}$) în puietul *Cyprinus carpio* în dependență de concentrația lor în apă (Co, $\mu\text{g/l}$) și (Mn, $\mu\text{g/l}$) sunt descrise de următoarele ecuații de regresii:

Pentru **puietul** *Cyprinus carpio*:

$$\text{Co, } \mu\text{g/g} = (-0,201 \pm 0,045) + (0,563 \pm 0,018) * \text{Co, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,98,$$

$$\text{Mn, } \mu\text{g/g} = (2,316 \pm 0,818) + (0,428 \pm 0,027) * \text{Mn, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,96.$$

Pentru **puietul** *Aristichthys nobilis*

$$\text{Co, } \mu\text{g/g} = (2,288 \pm 1,083) + (0,696 \pm 0,044) * \text{Co, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,97,$$

$$\text{Mn, } \mu\text{g/g} = (2,618 \pm 0,803) + (0,526 \pm 0,267) * \text{Mn, } \mu\text{g/l}, \quad r=0,97.$$

Stabilirea legităților acțiunii microelementelor nutritive asupra modificării intensității de dezvoltare cât și proceselor de acumulare are nu doar o importanță științifică, dar și oferă mari

posibilități în utilizarea microelementelor în scopul acțiunii direcționare asupra diferitor aspecte ale proceselor metabolice, a optimizării conținutului lor în organismul peștilor și, mai ales, în cazul reproducerii lor artificiale. În scopul determinării influenței microelementelor nutritive la diferite etape ale embriogenezei icrele de crap (*C. carpio*), novac (*A. nobilis*) și sînger (*Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845)) au fost tratate cu soluții de Co, Co+Mn, Co+Fe, Mn+Fe, compuși de seleniu anorganic și seleniu organic. La tratarea icrelor cu compusul organic al seleniului - seleno-L-metionină s-a observat un efect negativ (Figura 4.4.).

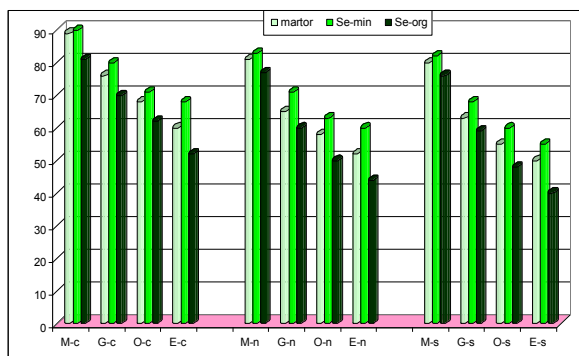
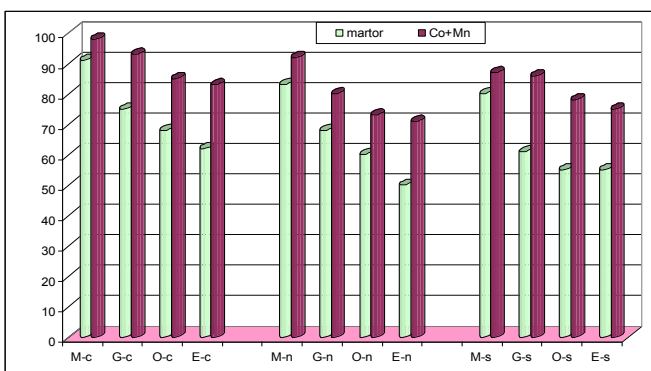


Fig. 4.4. Influența seleniului mineral și organic asupra dezvoltării icrelor de crap - (c), novac - (n) și sînger - (s) la etapa de morula - (M), gastrula - (G), organogeneză- (O) și rotației embrionului - (E), în % de icre vii

La tratarea icrelor cu soluție de clorură de cobalt ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) am primit un efect pozitiv, însă un efect nu atât de mare presupus așteptat. Cel mai mare efect pozitiv s-a obținut la tratarea icrelor cu **cobalt+mangan**, care a fost obținut deja la etapa de morulă, iar înainte de eclozare - la etape de rotație a embrionilor a atins +21% pentru crap și novac și +20% - pentru sînger (Figura 4.5.).

Fig. 4.5. Influența cobaltului asupra dezvoltării icrelor de crap - (c), novac - (n) și sînger - (s) la etapa de morulă - (M), gastrulă - (G), organogeneză- (O) și rotației embrionului - (E), în % de icre vii



Rezultatele ne permit să concludem despre existența **efectului de sinergism** între cobalt și mangan privind influența lor pozitivă asupra dezvoltării icrelor peștilor ciprinide cercetați.

La tratarea icrelor de crap, novac și sînger în procesul de dezvoltare cu amestecul soluțiilor de cobalt+fier am obținut un **efect de antagonism** din partea fierului asupra efectului pozitiv al cobaltului (Figura 4.6.).

La tratarea icrelor cu amestecul mangan+fier am obținut un efect negativ începînd deja de la etapa de morulă. Efectul pozitiv al cobaltului a fost observat în diapazonul 15-20 $\mu\text{g Co/l}$, amestecului Co+Mn – în diapazonul 10-20 $\mu\text{g/l}$, efectul Co+Fe – la concentrații 15-20 μg și efectul negativ a Mn+Fe/l – la concentrațiile 10-15 $\mu\text{g Mn+Fe/l}$.

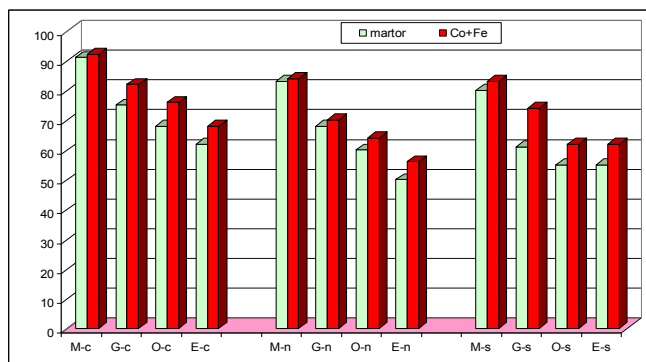


Fig. 4.6. Influența amestecului cobalt+fier asupra dezvoltării icrelor de crap - (c), novac - (n) și sînger - (s) la etapa de morulă - (M), gastrulă- (G), organogeneză - (O) și rotației embrionului - (E), în % de icre vii

Concentrațiile, care au avut efect pozitiv asupra dezvoltării icrelor, au fost utilizate în experiență pentru aprecierea rolului microelementelor în creșterea larvelor. Rezultatele obținute arată că cel mai înalt ritm de creștere a larvelor de crap și novac este obținut în acvariul cu amestecul cobalt+mangan, pe locul doi – acvariul cu adaos de cobalt și pe al treilea – cu amestecul cobalt+fier. Rezultatele sunt analogice cu cele din experiențele cu icrele peștilor.

4.3. Posibilitatea utilizării microelementelor nutritive în acvacultură

Efectul pozitiv al compușilor de cobalt și mangan asupra dezvoltării icrelor, ritmului de creștere a larvelor a devenit bază științifică pentru a testa acești compuși în condiții de producere piscicole, finisat cu elaborarea procedurii de intensificare a bazei trofice naturale în heleșteie brevetat și implementat [3]. Pentru sporirea bazei naturale nutritive în heleșteiele piscicole, am propus un procedeu, care constă în aceea, că înainte de popularea heleșteiilor cu larve sau alevini de pește, și după popularea heleșteiilor cu puiet de un an sau doi ani, în apă să se introducă clorură de cobalt și clorură de mangan, sau permanganat de potasiu, în așa mod, încât conținutul de Co și cel de Mn în apă să nu depășească 35-40 $\mu\text{g/l}$. Peste 15 zile biomasa algelor verzi și nevertebratelor planctonice s-a mărit cca de 2 ori, pescuitul de control a demonstrat și un ritm de creștere mai sporit la peștii din heleșteiele fertilizate cu microelemente, ceea ce în final a condus la sporirea productivității piscicole a heleșteiilor cu 24%.

4.4. Concluzii la capitoul 4

1. Dinamica seleniului (0, 2-2 $\mu\text{g/l}$), cobaltului (0,04-0,32 $\mu\text{g/l}$), manganului (0,44-57,9 $\mu\text{g/l}$) și fierului (0,5-32,0 $\mu\text{g/l}$) în fl. Nistru și r. Prut poartă un caracter sezonier.
2. Coeficientul de bioacumulare al acestor microelemente în plantele acvatice – *Phragmites australis* – *Potamogeton perfoliatus*, *P. crispus*, *P. pectinatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum demersum* și nevertebrate bentonice *Dreissena polymorpha* și *Unio pictorum* constituie $n \cdot 10^4$ - $n \cdot 10^8$, ce demonstrează importanța acestor organisme în circuitul elementelor chimice în ecosistemele acvatice.
3. Sunt stabilite și descrise cantitativ legăturile acumulării microelementelor în larvele și alevinii peștilor ciprinide de conținutului acestor elemente în mediul acvatic.

4. S-a stabilit că Co și complexul Co+Mn stimulează dezvoltarea icrelor, creșterea larvelor și alevinelor a peștilor ciprinide în concentrații 10-20 $\mu\text{g/l}$, compușii Se organic și complexul Mn+Fe inhibă dezvoltarea icrelor de ciprinide, Fe inhibă influența pozitivă a Co și Mn.
5. Rezultatele obținute au permis elaborarea, brevetarea și implementarea Procedului de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie [3].

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Sunt stabilite și descrise trendurile multianuale a migrației, spațiale și sezoniere a dinamicii compușilor de azot (N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-), azotului mineral și organic, fosforului mineral și organic, siliciului în ecosistemele fluviului Nistru și râului Prut în dependență de factorii naturali (climaterici, hidrologici) și antropici (deversarea apelor reziduale, scurgerile de pe terenurile agricole și urbanizate).
2. S-a stabilit că în aspect multianual în perioada 2009-2015 conținutul ionilor de amoniu, nitrit și nitrat în apele fluviului Nistru și râului Prut au atins valorile anilor '80-90 ai secolului trecut, perioada de agricultură intensivă și dinamica lor este descrisă de funcții polinomiale.
3. Dinamica raportului diferitor forme de azot și fosfor în ambele ecosisteme este determinată de factorii abiotici (valorile pH, temperaturii, saturației apei cu oxigen, consumului chimic al oxigenului, cantitatea suspensiilor) și migrația lor în sistemul „apă-depunerii subacvatice” se petrece din apă în depunerile subacvatice ce este caracteristică pentru ecosisteme fluviale până la un nivel de poluare moderată [11].
4. Calitatea apelor conform conținutului ionilor de amoniu în fluviul Nistru s-au transformat din clasa I- în clasa II (2009) și până în clasele III-IV (2015) și în râul Prut din clasa I în clasa II. Conținutul nitraților și nitriților atribuie apele investigate la clasele I și II de calitate. Concentrațiile compușilor de azot a înrăutățit calitatea apelor în ambele ecosisteme din clasa I-II- în clasa III. Cele mai poluate stații pe fluviul Nistru sunt: Soroca (în aval), Varnița, Sucleia și pe râul Prut: Leușeni, Leova, Cahul și Giurgiulești [13, 17].
5. Migrația elementelor nutritive este în strictă dependență de efectivul și producția hidrobionților. Este stabilită dependența directă între dinamica compușilor de fosfor cu cantitatea bacteriilor saprofite și fosfat mineralizatoare, la fel dintre concentrațiile siliciului și biomasa algelor *Bacillariophyta*. Nivelul de acumulare al fosforului în corpul *Dreissena polymorpha*, *Theodoxus fluviatilis* și *Fagotia acicularis* depinde de lungimea corpului acestor moluște [2].
6. Sunt stabilite și descrise cantitativ legăturile acumulării microelementelor nutritive (Se, Co, Mn, Fe) în larvele și alevinii peștilor ciprinide în dependență de concentrațiile lor în apă ($r=0,97-98$). În condiții experimentale s-a stabilit că Co și complexul Co+Mn stimulează dezvoltarea icrelor, creșterea larvelor și alevinelor peștilor ciprinide *Cyprinus carpio*,

Hypophthalmichthys nobilis și *Aristichthys nobilis* în concentrații 10-20 µg/l iar compușii organici ai Se și complexul Mn+Fe inhibă dezvoltarea icrelor de ciprinide, Fe inhibă influența pozitivă a cobaltului și manganului.

7. Coeficientul de bioacumulare al acestor microelemente și a fosforului în plantele acvatiche - *Phragmites australis*, *Potamogeton perfoliatus*, *P. crispus*, *P. pectinatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum demersum* și nevertebrate bentonice *Dreissena polymorpha* și *Unio pictorum* constituie $n \cdot 10^4$ - $n \cdot 10^8$ ce demonstrează importanța acestor organisme în circuitul elementelor chimice în ecosistemele acvatice [1].
8. Rezultatele obținute au permis elaborarea, brevetarea și implementarea Procedului de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie [3].

RECOMANDĂRI

1. *Ghidul de prelevare a probelor hidrochimice și hidrobiologice* elaborat și editat în limbile română și engleză poate servi în calitate de îndrumar metodologic în prelevarea probelor de apă, depuneri subacvatice, hidrobionți, inclusiv a peștilor atât pentru specialiști, agenții în domeniu, cât și pentru studenți, masteranzi, doctoranzi și tineri cercetători.
2. Îndrumarul metodic *Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice* este necesar atât la etapele de planificare cât și la etapa de realizare nemijlocită a monitoringului ecologic integrat, îndrumarul conține și descrierea tehnicilor analitice de laborator.
3. Rezultatele investigațiilor sunt necesare pentru Ministerul Mediului în calitate de suport științific pentru realizarea prevederilor Strategiei privind diversitatea biologică a Republicii Moldova pentru anii 2015-2020, Planului de acțiuni în domeniul conservării diversității biologice și Planului de gestionare a districtului bazinului hidrografic Dunărea-Prut și Marea-Neagră și alte acțiuni.
4. Rezultatele investigațiilor sunt incluse în baza de date a compușilor micro- și macroelementelor biogene în scopul evidențierii dinamicii lor multianuale în ecosistemele acvatice investigate care pot servi ca bază științifică pentru valorificarea durabilă a resurselor acvatice.
5. *Procedul de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie* este brevetat, implementat, apreciat cu medalie de aur și argint la Saloanele Internaționale și aduce un aport în sporirea productivității piscicole.
6. Rezultatele obținute pot servi ca suport pentru studenți, masteranzi, doctoranzi, tineri cercetători și pregătirea specialiștilor în domeniu hidrobiologiei, ihtiologiei, ecologiei acvatice.

BIBLIOGRAFIE

1. Borodin N. Migrația fosforului în sistemul apă-sedimente-hidrobionți al fluviului Nistru. În: Buletinul Academiei de Științe. Științele vieții, 2016, nr. 2 (329), p. 102-111.
2. Borodin N., Negru M., Șubernetkii I. Unele aspecte privind solubilizarea și mineralizarea fosforului în fl. Nistru în a.2015. În: Академику Л.С.Бергу -140 лет, 2016, p. 316-320.
3. Brevet de invenție nr. 449, Procedeu de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie / Zubcov Elena, Zubcov Natalia, Ungureanu Laurenția, Bilețchi Lucia, Bagrin Nina, Borodin Natalia, Lebedenco Liubovi (MD). BOPI, 2011, nr.12.
4. Ghid de prelevare a probelor hidrochimice și hidrobiologice. Chișinău: Elan Poligraf, 2015. 64 p.
5. Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice. Îndrumar metodic. Chișinău, 2015. 84 p.
6. Sandu M., Tăriță A., Lozan R. Starea resurselor de apă. În: Dezvoltarea durabilă a Regiunii de Dezvoltare Centru: factori de mediu și contribuții, 2014, p. 20-25.
7. Toderaș I. ș.a. Rolul funcțional al populațiilor nevertebratelor bentonice în migrația biogenă a microelementelor. În: Analele șt. ale Universității de Stat din Moldova, 1999. p. 137-140.
8. Zubcov E. ș.a. Repartizarea, migrația și rolul microelementelor în apele de suprafață. În: Microelementele în componentele biosferei și aplicarea lor în agricultură și medicină. Cap. IV. Monografie colectivă. Coordonator Simion Toma. Ed. Pontos, 2016, p.78-107.
9. Abid A. Eutrophication: Causes, Consequences and Control. Springer Science, 2014, vol.2, 260 p.
10. Bervoets L., Blust R. Metal concentrations in water, sediment and gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: relationship with fish condition factor. In: Environmental Pollution, 2003, vol. 126 (1), p. 9-19.
11. Borodin N. The dynamics of nitrogen and phosphorus concentrations in aquatic sediments of the Dubasari Reservoir. In: Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity, 2011, p. 159-161.
12. Borodin N. The migration of biogenic elements in the system water-suspension in the Dubossary Lake in relation to natural and anthropogenic factors. In: Geological and bioecological problems of the Nord Black Sea Coast, 2012, p. 34-37.
13. Nicoară M. ... Borodin N. et al. Evaluation of environmental impact and risk in Prut River using five indicators (CBO_5 , CCO-Cr , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^-). In: Journal of Survey in Fisheries Sciences, 2015, vol. 1 (2), p.1-10.
14. Persson G., Jansson M. Phosphorus in Freshwater Ecosystems. Uppsala, 1985. 340 p.

15. Schlenk D., Zubcov N., Zubcov E. Effects of salinity on the Uptake, Biotransformation, and Toxicity of Dietary Seleno-L-Methionine to Rainbow Trout. In: Toxicological sciences, 2003, vol.75, p. 309-313.
16. Withersa P., Jarvie H. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review. In: Science of the total environment, 2008, vol. 400, p. 379-395.
17. Zubcov E. ... Borodin N. et al. Investigation of hidrochemical characteristics of the Prut river. In: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții, 2014, nr. 3 (324), p.127-136.
18. Zubcov E. ... Borodin N. et al. The metal accumulation in aquatic plants of Dubăsari and Cuciurgan reservoirs. In: Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii, 2013, vol. 29 (2), p. 216-219.
19. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по практическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 269 с.
20. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 2001. 376 с.
21. Винберг Г.Г. Основы изучения пресноводных экосистем. Минск: Изд-во АН БССР, 1981. 274 с.
22. Зубкова Н. Н. Закономерности накопления и роль микроэлементов в онтогенезе рыб, Кишинев: Штиинца, 2011. 88с.
23. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва-растения-человек» в условиях Молдовы. В: Приволжский экологический журнал, 2011, №3, с. 323-335.
24. Никаноров А.М. Гидрохимия. С-Пб: Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
25. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
26. Романенко В. Основы гидроэкологии. К.: Генеза, 2004. 664 с.
27. Экосистема Нижнего Днестра в условиях усиленного антропогенного воздействия. Отв. Ред. И.М. Ганя, Кишинев 1990, 260 с.

PUBLICAȚIILE LA TEMA TEZEI

Articole în diferite reviste științifice, în reviste din străinătate recunoscute

1. Zubcov E., Ungureanu L., Ene A., Bagrin N., **Borodin N.** Influence of nutrients substances on phytoplankton from Prut River. In: Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle II - Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Year I (XXXII) 2009, p. 68-72. ISSN 2067 – 2071.
2. Zubcov E., Ungureanu L., Ene A., Zubcov N., Bagrin N., **Borodin N.** Assement of chemical compositions of water and ecological situation in Dniester river. In: Journal of

Science and Arts, Chemistry Section, Year 10, No.1(12), 2010, p. 47-52, ISSN: 1844-9581.

3. Zubcov E., Bilețchi L., Zubcov N., Philipenko E., **Borodin N.** The metal accumulation in aquatic plants of Dubăsari and Cuciurgan reservoirs. In: Oltenia Journal for studies in Natural Sciences, Vol. XXIX/2, 2013, p. 216-219, ISSN 1454-6914.
4. **Borodin N.** The content of nitrogen and phosphorus compounds in the inferior sector of Prut river during 2014. In: Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle II - Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, 2015, Vol. 38 Issue 2, ISSN 2067 – 2071, p. 226-231.
5. Nicoara M., Zubcov E., Bagrin N., **Borodin N.**, Strungaru S.A., Jurminscaia O., Plavan G. Evaluation of environmental impact and risk in Prut River using five indicators (CBO5, CCO-Cr, SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^-). In: Journal of Survey in Fisheries Sciences, Vol. 1, No. 2(2015), 2015, p.1-10, ISSN: 2368-7487.

în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (categoria B)

6. Zubcov E., Bagrin N., Ungureanu L., Bilețchi L., **Borodin N.**, Bogonin Z. Dinamica indicilor hidrochimici și calitatea apei râului Prut. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. No.1 (313), 2011, p.103-110. ISSN:1857-064X.
7. Zubcov E., Bilețchi L., Bagrin N., Zubcov N., **Borodin N.**, Jurminscaia O., Bogonin Z., Investigation of hydrochemical characteristics of the Prut river. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții No.3 (324), 2014, p.127-136. ISSN: 1857-064X.
8. **Borodin N.** Migrația fosforului în sistemul apă - sedimente - hidrobionți al fluviului Nistru. În: Buletinul Academiei de Științe. Științele vieții. No. 2 (329), 2016, p. 102-111. ISSN 1857-064X.

Articole în culegeri științifice, culegeri de lucrări ale conferințelor internaționale

9. Zubcov E., Ungureanu L., Șubernetki I., Munjiu Ox., Bagrin N., Bilețchi L., Zubcov N., **Borodin N.**, Lebedenco L., Bogonin Z. Starea actuală a râului Prut. În: Diversitatea, valorificarea rațională și protecția lumii animale. Simpozionul internațional consacrat celei de-a 70-a aniversări din ziua nașterii profesorului universitar Andrei Munteanu. Chișinău: Știința, 2009, p. 279-283. ISBN 978-9975-67-611-3.
10. Зубкова Е., Багрин Н., Зубкова Н., Богонин З., Мунжиу О., **Бородин Н.**, Билецки Л., Лебеденко Л. Гидроэкологические исследования Днестра в пределах Молдовы, 2008-2009 годы. В: Международное сотрудничество и управление трансграничным бассейном для оздоровления реки Днестр. Мат. Межд. Конф., Одесса, 2009 г. с.77-82.
11. **Бородин Н.** Динамика биогенных элементов в Дубоссарском водохранилище. В: Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными

природными ресурсами. Международная научно-практическая конференция. Тирасполь, 2010, с. 14-17. ISBN 978-9975-4062-2-2.

12. Munjiu O., **Borodin N.** Зообентос и современное гидрохимическое состояние Ягорлыкской Заводи. În: Rezervația Codri - 40 de ani. Materialele Simpozionului Științific Internațional. Știința, 2011, с. 276-279. ISBN 978-9975-67-799-8.
13. **Бородин Н.** Физико-химические параметры как основополагающие факторы рыбопродуктивности водоемов. В: Академику Л. С. Бергу -135 лет. Сборник научных статей. Бендеры, 2011, с. 105-110. ISBN 978-9975-66-219-2.
14. **Borodin N.** The migration of biogenic elements in the system water-suspension in the Dubossary Lake in relation to natural and anthropogenic factors. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы IV Межд. научно-практической конф. Тирасполь, 2012, с. 34-37. ISBN 978-9975-4062-8-4.
15. **Borodin N.**, Negru M., Șubertekii I. Unele aspecte privind solubilizarea și mineralizarea fosforului în fl. Nistru în a.2015. В: Академику Л.С.Бергу -140 лет. Сборник научных статей. Бендеры, 2016, с. 316-320. ISBN 978-9975-66-515-5.

Materiale/teze la forurile științifice, conferințe internaționale (peste hotare)

16. Зубкова Е., Тодераш И., Остроумов С., Билецки Л., Багрин Н., **Бородин Н.** Уровень накопления и роль моллюсков в биогенной миграции металлов в экосистеме реки Днестр. In: Modern Problems of Aquatic Ecology. Book of abstracts 4th International Scientific Conference to commemorate Prof. G.G. Winberg. St.Peterburg, p. 68.
17. Мунжиу О., **Бородин Н.**, Багрина Н. Двустворчатые моллюски-вселенцы водоемов Молдовы. In: Modern Problems of Aquatic Ecology. Book of abstracts 4th International Scientific Conference, to commemorate Prof. G.G. Winberg. St.Peterburg, 2010, p.127.
18. Toderas I., Miron I., Zubcov E., Ungureanu L., Miron M., Bagrin N., Ungureanu G., **Borodin N.**, Tumanova D. Starea ecologică a lacului de acumulare Bicăz în perioada estivală cu maxim termic. In: Lacurile de acumulare din România (tipologie, valorificare, protecție). Al 3-lea Simpozion, Potoci-Neamț, 3-5 octombrie 2012, p. 9.
19. **Borodin N.**, Bagrin N., Nitrogen compounds in the Lower Prut waters. In: Environmental Challenges in Lower Danube Euroregion. International Conference, Galați, 2015. p.15-16.

conferințe internaționale în republică

20. **Borodin N.** The dynamics of nitrogen and phosphorus concentrations in aquatic sediments of the Dubasari Reservoir. In: Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity. International Conference of Zoologists dedicated to the 50th anniversary from the foundation of Institute of Zoology of ASM. Chișinău, 2011, p.159-161. ISBN 978-9975-4248-2-0.

21. Bagrin N., **Borodin N.** Dynamics of mineralization and main ions in waters of the Lower Prut. In: Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity. VII-th International Conf. of Zoologist. Chişinău, 2013, p. 192. ISBN 978-9975-66-361-8.
22. **Borodin N.**, Bagrin N., Bogonin Z. Nutrients in waters of the Prut River, Lower Sector. In: Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity. VII-th International Conference of Zoologist. Chişinău, 2013, p.193. ISBN 978-9975-66-361-8.
23. Jurminskaia O., Bagrin N., **Borodin N.**, Bogonin Z., Niculita Sv. Physico-chemical parameters and biochemical consumption of oxygen in waters of the Prut River. In: Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity. VII-th International Conf. of Zoologist. Chişinău, 2013, p. 213-214. ISBN 978-9975-66-361-8.
24. Toderas I., Zubcov E., Ungureanu L., Biletschi L., Subernetkii I., Negru M., Zubcov N., **Borodin N.**, Tumanova D. Influence of abiotic and biotic factors upon communities of aquatic organisms. In: Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity. VII-th International Conference of Zoologist. Chişinău, 2013, p. 234. ISBN 978-9975-66-361-8.
25. **Borodin N.** Fosforul mineral şi organic în râul Prut 2012-2014. In: Sustainable use and protection of animal world diversity. International Symposium dedicated to 75th anniversary of Prof. Andrei Munteanu. Chişinău, 2014, p. 190-191. ISBN 978-9975-62-379-7.
26. Kovalyshyna Sv., Denga Yu., Terenko G., Grandova M., Ene A., Borodin N., Shubernetskii I., Jurminskaia O. On the state of the ecosystem of the Lower Danube in June 2014. In: Sustainable use and protection of animal world diversity. International Symposium dedicated to 75th anniversary of Professor Andrei Munteanu. Chişinău, 2014, p. 220- 221. ISBN 978-9975-62-379-7.

Brevete de invenţii, patente, certificate de înregistrare, materiale la saloanele de invenţii

27. Zubcov E.; Zubcov N., Ungureanu L., Biletschi L., Bagrin N., **Borodin N.**, Lebedenco L. Procedeu de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleşteie. Brevet de invenţie nr. 449, BOPI, 2011, nr.12.

LUCRĂRI ŞTIINŢIFICO-METODICE ŞI DIDACTICE

28. Zubcov E., Bagrin N., Biletschi L., **Borodin N.**, Zubcov N. Prelevarea apei. În: Ghid de prelevare a probelor hidrochimice şi hidrobiologice. Chişinău : Elan Poligraf, 2015. p. 37-40. ISBN 978-9975-128-28-5.
29. Jurminskaia O., Bagrin N., Zubcov N., **Borodin N.**, Ivanov A. Prelevarea suspensiilor şi sedimentelor. În: Ghid de prelevare a probelor hidrochimice şi hidrobiologice. Chişinău: Elan Poligraf, 2015. p. 40-42.

30. Zubcov E., Bagrin N., Zubcov N., **Borodin N.**, Ciornea V., Jurminskaia O., Ivanov A. Componenta chimică a apelor naturale. În: Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice. Chișinău: Elan Poligraf, 2015. p. 16-34. ISBN 978-9975-66-503-2.

ADNOTARE

BORODIN Natalia „Migrația elementelor nutritive și rolul lor în ecosistemele fluviului Nistru și râului Prut”. Teză de doctor în științe biologice. Chișinău, 2016. **Structura lucrării:** introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 281 titluri, 111 pagini text de bază, 5 anexe, 45 figuri, 4 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 30 lucrări științifice. **Cuvinte cheie:** element biogen, fosfor, azot, siliciu, migrare biogenă, monitoring, poluare, Nistru, Prut. **Domeniu de studiu:** ihtiologie, hidrobiologie. **Scopul lucrării:** constă în cercetarea complexă a dinamicii migrației și rolului macroelementelor biogene (compușii N, P, Si) și microelementelor nutritive (Se, Co, Mn, Fe) în ecosistemele fl. Nistru și r. Prut, ținând cont de complexul factorilor naturali și antropici și vizînd aspectele de monitorizare și valorificare durabilă a resurselor acvatice. **Obiectivele cercetării:** cercetarea migrației compușilor de N ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$), P (P_{min} , P_{org}), Si în fl. Nistru și r. Prut; stabilirea legităților și nivelului de acumulare a Se, Co, Mn, Fe în hidrobionți și determinarea importanței lor în sporirea productivității piscicole; evaluarea rolului factorilor naturali și antropici în migrația elementelor biogene în special a N și P în funcționarea ecosistemelor acvatice investigate; determinarea coeficientului de acumulare și rolul unor specii de hidrobionți în procesul de migrație; estimarea calității apei; elaborarea recomandărilor practice privind monitorizarea și valorificarea durabilă a resurselor acvatice. **Noutatea și originalitatea științifică:** în premieră a fost efectuat un studiu complex al dinamicii multianuale, spațiale și sezoniere a compușilor de N, P, Si în fl. Nistru și r. Prut; stabilite dependențe funcționale dintre concentrația P_{tot} și efectivul bacteriilor saprofite; dintre conținutul Si și biomasa algelor diatomee; dintre nivelul de acumulare a P și lungimea corpului unor moluște, descrise cantitativ legitățile de acumulare ale Se, Co, Mn, Fe în hidrobionți; specificată influența Se, Co, Co+Mn, Co+Fe, Mn+Fe asupra dezvoltării peștilor în ontogeneza timpurie și elaborat un procedeu de intensificare a dezvoltării bazei trofice naturale în heleșteie. **Problema științifică importantă soluționată** constă în *fundamentarea* științifică a migrației macro- și microelementelor nutritive, transformării și rolului lor în funcționarea ecosistemelor acvatice, *fapt care a condus la* evidențierea importanței acestor substanțe în procesele de eutrofizare a ecosistemelor acvatice, stabilirea efectelor stimulative și a celor de inhibare a microelementelor nutritive, determinarea toleranței organismelor acvatice, *pentru utilizarea lor ulterioară* la elaborarea propunerilor științifice privind sporirea productivității piscicole și valorificării raționale a ecosistemelor acvatice. **Semnificația teoretică:** este realizat un monitoring științific complex multianual asupra migrației macro- și microelementelor nutritive în dependență de factorii naturali și antropici, apreciată calitatea apei și nivelul de eutrofizare a ecosistemelor fl. Nistru și r. Prut. Sunt stabilite legitățile de acumulate și influența unor elemente nutritive asupra hidrobionților ca temei fundamental pentru determinarea toleranței organismelor acvatice, descifrarea legităților funcționării ecosistemelor acvatice și dirijarea productivității hidrobiocenozelor. **Valoarea aplicativă:** metodologia de monitorizare este parte componentă a 2 îndrumare științifico-metodice; este elaborat și obținut un brevet de invenție. **Implementarea rezultatelor:** sunt utilizate de Ministerul de Mediu în realizarea Strategiei conservării biodiversității, gestionării

districtului bazinului hidrografic Dunărea-Prut și Mării Neagre; procedeul brevetat este apreciat cu medalie de aur și este implementat la Întreprinderea Individuală.

АННОТАЦИЯ

БОРОДИН Наталья «Миграция биогенных элементов и их роль в экосистемах рек Днестр и Прут». Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Кишинев, 2016 г. **Структура работы:** введение, четыре главы, общие выводы и рекомендации, библиография из 281 наименований, 5 приложения, 111 страницы основного текста, 45 рисунков, 4 таблицы. Результаты исследования нашли отражение в 30 публикациях. **Ключевые слова:** биогенный элемент, фосфор, азот, кремний, биогенная миграция, мониторинг, загрязнение, Днестр, Прут **Область исследования:** ихтиология, гидробиология. **Цель работы:** состоит в комплексном исследовании миграции и роли макроэлементов (соединений азота, фосфора и кремния) и микроэлементов (Se, Co, Mn, Fe) в реках Днестр и Прут, учитывая влияние природных и антропогенных факторов.

Задачи исследования: исследовать динамику распределения и миграцию соединений N, P, Si в экосистемах Днестра и Прута с учетом влияния природных и антропогенных факторов; выявить закономерности накопления Se, Co, Mn, Fe, оценить коэффициент их биологического накопления; выявить значимость микроэлементов в повышении рыбопродуктивности водоемов; разработать рекомендаций для устойчивого использования и повышения рыбопродуктивности водных экосистем.

Научная новизна и оригинальность исследования: впервые описана многолетняя пространственно-временная динамика и установлены зависимости миграции биогенных веществ (N, P, Si), в том числе и Se, Co, Mn, Fe от природных и антропогенных факторов; установлена зависимость между концентрациями фосфора и численностью сапрофитных бактерий, кремния и биомассой диатомовых водорослей, уровнем накопления фосфора и длиной тела моллюсков, впервые установлено влияние Se, Co, Co+Mn, Co+Fe, Mn+Fe на развитие икры, личинок, мальков рыб и разработан способ повышения естественной кормовой базы для рыб (А.с. №.449). **Научная проблема, решенная в исследовании** *состоит в научном обосновании* процессов миграции биогенных элементов и их значимости в функционировании водных экосистем, *что позволило* оценить их значимость в эвтрофикации водоемов, определить стимулирующих и ингибирующих концентрации микроэлементов, позволяющие судить о толерантности водных организмов, *которые в следствие послужили* основой для разработки способов повышения рыбопродуктивности экосистем и рационального использования водных ресурсов. **Теоретическая значимость:** Реализован научный мониторинг распределения и миграции биогенных элементов в зависимости от природных и антропогенных факторов, определено качество воды и степень эвтрофикации экосистем Днестра и Прута. Установлены закономерности накопления и влияния отдельных биогенных элементов на водные организмы, являющиеся научным обоснованием определения толерантности гидробионтов, и закономерностей функционирования водных экосистем и регулирования продуктивности гидробиоценозов. **Практическая значимость работы:** результаты являются составной частью тематики института, 2-х проектов ЕС (MIS ETC 1150, MIS ETC 1676), 2-х методических пособий, одного авторского свидетельства. **Внедрение научных результатов:** результаты представлены в Министерство Экологии, включены в национальные и международные отчеты и Стратегии по сохранению биоразнообразия и

по развитию гидрологического бассейна Дунай-Прут и Черного моря; авторское свидетельство, отмечено золотой медалью и внедрено в рыбном хозяйстве.

ANNOTATION

BORODIN Natalia „Migration of nutritive elements and their role in the ecosystems of the Dniester River and the Prut River”. Ph.D. Thesis in Biological Sciences, Chisinau, 2016. The thesis consists of introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography (281 entries), 5 annexes. The thesis basic text contains 111 pages, 45 figures, 4 tables. The obtained results are published in 30 scientific papers. **Keywords:** biogenic element, phosphorus, nitrogen, silicon, biogenic migration, monitoring, pollution, Dniester, Prut. **Field of study:** ichthyology, hydrobiology. **Aim of the thesis:** to research in a complex manner the dynamics of migration and the role of biogenic macroelements (compounds of N, P, Si) and nutritive microelements (Se, Co, Mn, Fe) in the Dniester and Prut rivers under the influence of natural and anthropic factors. **Objectives:** to research the migration of compounds of N ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$), P (P_{min} , P_{org}), and Si in the Dniester and Prut rivers; to reveal the Se, Co, Mn, Fe regularities and level of accumulation in hydrobionts and to determine their importance in increasing the fish culture productivity; to determine the microelement accumulation coefficient and the role of some hydrobiont species in their migration process; to assess the role of different factors in the migration of biogenic element compounds; to appreciate the water quality; to elaborate recommendations on monitoring and sustainable use of aquatic resources.

Scientific novelty and originality. For the first time there was carried out a complex study of multiannual, spatial and seasonal dynamics of N, P, Si compounds in the Dniester and Prut rivers; established the functional dependence between the P_{tot} content and saprophytic bacteria number, the Si content and diatomic algae biomass, the P accumulation level and some molluscs body length; quantitatively described the regularities of Se, Co, Mn, Fe accumulation in hydrobionts; specified the Se, Co, Co+Mn, Co+Fe, Mn+Fe influence on the fish development in early ontogenesis and elaborated a procedure of intensification of the development of natural trophic basis in ponds. **Important scientific problem solved:** *scientific substantiation of nutritive macro- and microelement migration, their transformation and role in the aquatic ecosystem functioning, which conducted to the underlining of importance of these substances in the aquatic ecosystem eutrophication, establishing the stimulating and suppressing effects of nutritive microelements, determining the tolerance of aquatic organisms, for their later use at the elaboration of scientific proposals on increasing the fish culture productivity and rational exploitation of aquatic ecosystems.* **Theoretical significance.** Knowledge on the migration of nutritive macro- and microelements in dependence of the natural and anthropic factors, and their role in the water quality formation and eutrophication of Dniester and Prut ecosystems is enlarge. Established regularities on accumulation and influence of some nutritive elements on hydrobionts ground the determination of aquatic organism tolerance, description of aquatic ecosystem functioning and hydrobiocenosis productivity management.

Applicative significance. The results were included in reports on institutional, international (MIS ETC 1150, MIS ETC 1676) projects, grant from World Federation of Scientists; monitoring methodology is part of 2 guidelines; a patent was elaborated and obtained.

Implementation. The results are of high interest for the Ministry of Environment in fulfilling the Strategy on biodiversity preservation and management of the district of hydrographic basin Danube-Prut and Black Sea; patented procedure was appreciated with gold medal and implemented in a private fish farm.

BORODIN NATALIA

**MIGRAȚIA ELEMENTELOR NUTRITIVE ȘI ROLUL LOR ÎN
ECOSISTEMELE FLUVIULUI NISTRU ȘI RÂULUI PRUT**

165.03 - IHTIOLOGIE, HIDROBIOLOGIE

Autoreferatul tezei de doctor în științe biologice

Aprobat spre tipar: 22.11.2016

Formatul hîrtiei 60x84 1/16

Hîrtie offset: Tipar offset.

Tiraj: 50 ex.

Coli de tipar: 2.0

Comanda nr. 143/16

Centrul Editorial-Poligrafic al USM
str. Al.Mateevici, Chișinău, MD 2009
www.usmcep@mail.ru