MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA
INSTITUTUL DE ZOOLOGIE

Cu titlu de manuscris
C.Z.U.: 574:591.524.11:556.55(478)

FILIPENCO SERGHEI

DIVERSITATEA ȘI LEGITĂȚILE CONCEPTUALE ALE FUNCȚIONĂRII COMUNITĂȚILOR NEVERTEBRATELOR BENTONICE ÎN LACURILE DE ACUMULARE DUBĂSARI ȘI CUCIURGAN

166.01. ECOLOGIE

Rezumat al tezei de doctor habilitat în ştiinţe biologice

CHIȘINĂU, 2023

Teza a fost elaborată în cadrul Laboratorului Hidrobiologie şi Ecotoxicologie al Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

Consultanţi ştiinţifici:
TODERAŞ Ion, doctor habilitat în ştiinţe biologice, profesor universitar, academician al AŞM
ZUBCOV Elena, doctor habilitat în ştiinţe biologice, profesor cercetător, membru corespondent al AŞM

Referinţi oficiali:

BULIMAGA Constantin,	doctor habilitat în ştiinţe biologice, conferenţiar cercetător;
COZARI Tudor,	doctor habilitat în ştiinţe biologice, profesor universitar, membru corespondent al AŞM;
PROTASOV Alexandr,	doctor habilitat în ştiinţe biologice, profesor universitar (Ucraina)

Componenţa Consiliului ştiinţific specializat:

UNGUREANU Laurenţia,	doctor habilitat în ştiinţe biologice, profesor cercetător, membru corespondent al AŞM – *preşedinte*;
BILEŢCHI Lucia,	doctor în ştiinţe biologice, conferenţiar cercetător – *secretar ştiinţific*;
BULAT Dumitru,	doctor habilitat în ştiinţe biologice, conferenţiar cercetător;
MIRON Liviu Dan,	doctor în ştiinţe biologice, profesor universitar (România);
CRIVOI Aurelia,	doctor habilitat în ştiinţe biologice, profesor universitar;
GONŢA Maria,	doctor habilitat în ştiinţe chimice, profesor universitar.

Susţinerea tezei va avea loc la 26 ianuarie 2024, ora 13.00, în şedinţa Consiliului ştiinţific specializat DH 166.01-23-6 din cadrul Universităţii de Stat din Moldova, adresa: str. Academiei, 1, mun. Chişinău, MD-2028.

Teza de doctor habilitat şi rezumatul pot fi consultate la Biblioteca Ştiinţifică Centrală (Institut) „Andrei Lupan", Biblioteca Centrală a Universităţii de Stat din Moldova (str. Alexei Mateevici, 60, mun. Chişinău, MD-2009), pe pagina web a ANACEC (https://anacec.md/).

Rezumatul a fost expediat la „ _____" decembrie 2023.

Secretar ştiinţific al Consiliului ştiinţific specializat,
BILEŢCHI Lucia, dr., conf.cercet. _____

Consultanţi ştiinţifici:
TODERAŞ Ion, dr.hab., prof.univ., acad. _____

ZUBCOV Elena, dr.hab., prof.cercet.,mem.cor. _____

Autor: **FILIPENCO Serghei** _____

(© Filipenco Serghei, 2023)

CUPRINS

REPERELE CONCEPTUALE ALE LUCRĂRII 4
CONȚINUTUL TEZEI 7
1. SUCCESIUNILE NEVERTEBRATELOR BENTONICE ÎN APELE DE SUPRAFAȚĂ ȘI POSIBILITĂȚILE UTILIZĂRII LOR CA INDICATORI BIOLOGICI ÎN MONITORIZAREA COMPLEXĂ ȘI EVALUAREA STĂRII ECOLOGICE A ECOSISTEMELOR ACVATICE 7
2. CARACTERISTICA FIZICO-GEOGRAFICĂ ȘI ECOLOGICĂ A LACURILOR DE ACUMULARE CERCETATE DIN BAZINUL HIDROGRAFIC AL FLUVIULUI NISTRU ȘI METODOLOGIA CERCETĂRII LOR 7
2.1. Caracteristica fizico-geografică și ecologică a lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic al fluviului Nistru 8
2.2. Metode de colectare și volumul materialului 9
3. DIVERSITATEA, PRODUCTIVITATEA ȘI MODIFICAREA CARACTERISTICILOR STRUCTURALE ALE COMUNITĂȚILOR ZOOBENTICE ÎN LACURILE DE ACUMULARE DIN BAZINUL FLUVIULUI NISTRU SUB INFLUENȚA FACTORILOR ANTROPOGENI 8
3.1. Starea actuală și dinamica multianuală a zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari 9
3.2. Formarea și starea actuală a comunităților bentonice ale lacului-refrigerent tehnogen al CTE Moldovenești 13
3.3. Compoziția zoogeografică a zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic al fluviului Nistru 16
4. IMPORTANȚA NEVERTEBRATELOR BENTONICE ÎN FUNCȚIONAREA ECOSISTEMELOR LACURILOR DE ACUMULARE DIN BAZINUL HIDROGRAFIC AL FLUVIULUI NISTRU 18
4.1. Locul și rolul nevertebratelor bentonice în lanțurile trofice 18
4.2. Rolul zoobentosului în dezvoltarea comunităților parazitare (pe exemplul lacului de acumulare Cugiurgan) 20
4.3. Speciile invazive de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare ale Nistrului 21
4.4. Rolul zoobentosului în acumularea și migrația metalelor (pe exemplul hidrobionților bentonici ai lacului de acumulare Cuciurgan) 24
4.5. Utilizarea zoobentosului în monitorizarea biologică a lacurilor de acumulare, abordări metodologice pentru evaluarea stării ecologice a corpurilor de apă 25
4.6. Potențialul adaptativ al zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul Nistrului 31
5. CONCEPTUL FORMĂRII ȘI FUNCȚIONĂRII ZOOBENTOSULUI LACURILOR DE ACUMULARE DIN BAZINUL FLUVIULLUI NISTRU SUB IMPACTUL FACTORILOR NATURALI ȘI ANTROPOGENI 34
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE 38
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ 40
ADNOTARI (română, engleză, rusă) 44

REPERELE CONCEPTUALE ALE LUCRĂRII

Actualitatea problemei. În prezent, problemele de mediu sunt o prioritate pentru comunitatea mondială. O atenție deosebită este acordată problemelor de protecție și utilizare rațională a resurselor de apă. În anul 2000, Parlamentul European și Consiliul Uniunii Europene au adoptat Directiva nr. 2000/60/CE (WFD), care stabilește baza activităților comunitare în domeniul politicii apei. Directiva urmărește promovarea și îmbunătățirea mediului acvatic din Comunitate.

De la mijlocul secolului al XX-lea, ecosistemul Nistrului se află sub un impact antropogen înalt, în principal din cauza reglementării și hidro-construcției [6, 37], în ultimele decenii, la care s-a adăugat și problema schimbărilor climatice [1, 7, 9]. Principalii factori antropici care stau la baza agravării stării ecologice a Nistrului și contribuie la degradarea râului sunt: reglarea debitului datorită îndiguirii malurilor și construcția de baraje, dintre care cea mai mare amenințare la adresa siguranței mediului în bazinul hidrografic este Complexul Hidroenergetic Nistrean (CHEN) de pe teritoriul Ucrainei [este format din lacul de acumulare Novodnestrovsk cu CHE–1, lacul de acumulare de liniștire (tampon) cu CHE–2, lacul de acumulare artificial cu centrala hidroelectrică de acumulare a apei prin pompaj (CHEAP)]; evacuarea apelor uzate neepurate și spălarea câmpurilor, poluarea malurilor; distrugerea zonei de protecție a apei și defrișări; extracția amestecurilor de nisip și pietriș. Acești factori au generat consecințe adverse semnificative asupra ecosistemului Nistrului, cum ar fi: alterarea regimului termic al râului în secțiunea mijlocie, modificarea parametrilor fizico-chimici ai apei, creșterea excesivă și intensivă a presiunii antropice asupra ecosistemului, reducerea biodiversității și răspândirea speciilor invazive în zonă.

Lacul de acumulare Cuciurgan se confruntă cu probleme serioase de mediu. Reglarea și transformarea lui într-un lac refrigerent pentru centrala electrică au avut un impact semnificativ asupra regimului termic și calității apei. Acest lucru a dus la eutrofizare, proliferarea excesivă a macrofitelor și apariția speciilor invazive. Calitatea apei în lacul refrigerent a fost afectată negativ de prezența sulfaților, clorurilor și metalelor grele, ceea ce a condus la o creștere semnificativă a nivelului de mineralizare, care a atins un nivel de 2460 mg/l [34]. Aceste aspecte reprezintă probleme grave de mediu care necesită atenție și eforturi pentru gestionarea și remediarea acestor probleme, pentru a proteja ecosistemul lacului și a asigura calitatea apei.

Scopul studiului: Stabilirea legităților conceptuale ale modificării structurii și funcționării comunităților de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare din bazinul hidrografic al fluviului Nistru în condițiile schimbărilor climatice și a factorilor antropici.

Pentru realizarea scopului propus au fost trasate următoarele **obiective**: studiul formării, stării actuale și a dinamicii multianuale a zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari şi lacului-refrigerent tehnogen al CTE Moldovenești; stabilirea genezei și a relațiilor zoogeografice ale zoobentosului; examinarea rolului nevertebratelor bentonice în lanțurile trofice; calcularea productivității piscicole potențiale a lacurilor de acumulare în baza zoobentosului; determinarea rolului zoobentosului în dezvoltarea comunităților de paraziți; investigarea speciilor invazive de nevertebrate bentonice; analiza rolului zoobentosului în procesele de acumulare și migrare a metalelor; cercetarea stării ecologice a lacurilor de acumulare în baza bioindicației; evaluarea potențialului adaptativ al zoobentosului în condițiile schimbărilor climatice și a factorilor antropici.

Baza teoretică și metodologică a cercetării au fost lucrările lui Yu. Odum (1968-1986), V.I. Zhadin (1960), G.G. Vinberg (1968, 1970), A.S. Konstantinov (1986), A.F. Alimov, V.V. Bogaty, S.M. Golubkov (2000, 2013), V.K. Shitikov, G.S. Rosenberg, T.D. Zinchenko (2003).

Lucrările savanților din Moldova M. Iaroşenko (1957, 1970), I. Dediu (1966, 1980), I. Toderaș și M. Vladimirov (1974-2001), F. Gontea (1985) au permis relevarea schimbărilor succesionale în comunitățile zoobentosului din lacurile Dubăsari și Cuciurgan. Investigații asupra rolului organismelor zoobentice în migrația biogenă a microelementelor şi utilizării lor ca organisme-monitoare în biomonitorizarea ecosistemelor acvatice au avut la bază lucrările savanților autohtoni E. Zubkov, I. Toderaș, L. Bileţchi și alții (1986-2016). Elemente ale teoriei funcționării tehno-ecosistemelor centralelor termice și centralelor nucleare, propuse de A.A. Protasov, A.A. Silaeva și alții (2002-2021), au fost solicitate în studiul proceselor care au loc în zoobentosul lacului de acumulare refrigerent al CTE Moldoveneşti.

Noutatea şi originalitatea științifică. Pentru prima dată sub aspect comparativ, au fost studiate biodiversitatea, funcționarea și modificările succesorale ale comunităților de nevertebrate bentonice a rezervoarelor de contrast din bazinul Nistru și au fost stabilite modele conceptuale ale modificărilor în structura și funcționarea zoobentosului corpurilor de apă studiate în condițiile schimbărilor climatice și a factorilor antropici. Au fost studiate geneza și relațiile zoogeografice ale zoobentosului rezervoarelor din bazinul Nistru. Pentru prima dată, au fost înregistrate două specii noi invazive pentru lacul de acumulare Cuciurgan – *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) și *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841). S-a stabilit rolul zoobentosului în dezvoltarea comunităților parazitare, acumularea și migrarea metalelor, lanțurilor trofice și formarea productivității piscicole din lacurile de acumulare din bazinul hidrografic fluviul Nistru. S-a făcut o analiză comparativă a evaluării bioindicative a stării ecologice a corpurilor de apă studiate. S-a studiat potențialul de adaptare al zoobentosului în condițiile transformării corpurilor de apă. Este prezentat conceptul de formare și funcționare a zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic fluviul Nistru sub influența factorilor naturali și antropici.

Problema științifică rezolvată în teză constă în *fundamentarea ştiinţifică* cunoștințelor noi despre fauna nevertebratelor bentonice a două rezervoare contrastante din Moldova – instalații hidro și termoelectrice, *ceea ce a condus la elaborarea* stabilirii legităţiilor calitative și cantitative ale dinamicii acesteia sub aspect spațio-temporal și la evaluarea semnificației funcționale a zoobentosului în funcționarea a două ecosisteme acvatice transformate de diferiți factori antropici dintr-o zonă naturală-climatică, la dezvăluirea motivelor modificărilor structurale ale hidrobiocenozelor, *fapt ce a permis* dezvoltarea unui concept pentru formarea și funcționarea hidrobionților nevertebratelor bentonice din lacurile de acumulare din bazinul hidrografic fluviul Nistru sub influența factorilor naturali și antropici.

Rezultatele noi, fundamentale pentru știință și practică, asupra faunei nevertebratelor bentonice din apele de suprafață ale Moldovei au fost obținute prin integrarea metodelor și abordărilor ecologice moderne în știința hidrobiologică clasică pentru a identifica caracteristicile schimbărilor în comunitățile zoobentice şi ale funcționării acestora în condiţiile de transformare a ecosistemelor acvatice aflate sub influența factorilor naturali şi antropici, descifrând mecanismele de menținere a stabilităţii ecosistemelor și dezvoltării unei strategii durabile pentru utilizare eficientă şi raţională a resurselor biologice ale apelor de suprafaţă.

Semnificația teoretică: rezultatele obținute contribuie la dezvoltarea hidrobiologiei și ecologiei; regularitățile stabilite în dezvoltarea comunităților de nevertebrate bentonice servesc la dezvoltarea teoriei funcționării și stabilității ecosistemelor acvatice și la

aprofundarea cunoștințelor despre rolul comunităților de nevertebrate bentonice în ecosistemele acvatice tehnologic modificate sub influența factorilor naturali și antropici; despre fenomenul invaziilor biologice ale nevertebratelor în apele de suprafață și factorii naturali și antropici care îl provoacă.

Semnificația aplicată: rezultatele științifice privind schimbările succesionale, starea actuală și funcționarea zoobentosului rezervoarelor din bazinul Nistru, materialele publicate sunt utilizate în monitorizarea ecologică a mediului, servesc drept bază pentru elaborarea măsurilor în domeniul restabilirii, conservării și utilizării durabile a resurselor biologice ale apelor de suprafață. Rezultatele și publicațiile servesc ca material didactic în cadrul instituțiilor de învățământ superior în formarea specialiștilor în domeniul biologiei și ecologiei, în educația de mediu, precum și în activități de expertiză.

Materialele de cercetare au făcut parte din două proiecte internaționale implementate în 2018-2021: eMs BSB 27 «Black Sea Basin interdisciplinary cooperation network for sustainable joint monitoring of environmental toxicants migration, improved evaluation of ecological state and human health impact of harmful substances, and public exposure prevention» – MONITOX în cadrul Programului de Cooperare Transfrontalieră în Bazinul Mării Negre 2014-2020 finanțat de UE, precum și a proiectului «Dniester Hydro Power Complex Social and Environmental Impact Study» în cadrul programului UNDP.

Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:

1. Comunitățile zoobentosului din lacurile de acumulare din bazinul hidrografic fluviul Nistru sunt supuse influenței factorilor naturali și antropici, dintre care termoficarea este decisivă pentru lacul de acumulare Cuciurgan, iar pentru Dubăsari – regimul hidrologic, sub influența cărora au avut loc modificări structurale în comunitățile nevertebratelor bentonice din corpurile de apă transformate ale bazinului Nistru.

2. Nevertebratele bentonice au un rol funcțional important în lanțurile trofice, servesc ca gazde intermediare în implementarea ciclurilor de viață ale comunităților parazitare ale corpurilor de apă și participă la acumularea și migrarea microelementelor în ecosistemele acvatice, mai ales în lacurile de acumulare refrigerente.

3. În apele de suprafaţă ale Republicii Moldova, sub influenţa factorilor naturali şi antropici se constată o pătrundere activă a speciilor de organisme acvatice alogene.

4. Caracteristicile calitative și cantitative ale comunităților de nevertebrate bentonice, precum și indicii biotici dezvoltați pe baza acestora, servesc drept un indicator fiabil al stării ecologice a corpurilor de apă.

5. În condiţiile transformării corpurilor de apă sub influenţa factorilor naturali şi antropici, se realizează potenţialul de adaptare al organismelor acvatice bentonice la schimbările condiţiilor de mediu.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetării sunt utilizate de Centrala Termoelectrică din Moldova și Centrala Hidroelectrică de la Dubăsari în monitorizarea mediului în instalațiile de apă; Universitatea de Stat din Moldova și Universitatea de Stat Nistreană „T.G. Shevchenko” în procesul educațional la formarea specialiștilor pentru sistemul de învățământ și sectorul de mediu; Asociația Internațională a Păstrării Râului „Eco-TIRAS” în implementarea studiiilor ecologice și educației ecologice, proiecte de mediu care vizează cercetarea impactului hidroconstrucțiilor asupra ecosistemelor acvatice din bazinul Nistrului și în lucrări de expertiză în cadrul școlilor de vară dedicate mediului; Întreprinderea Unitară de Stat „Centrul de Conservare a Naturii” la calculul prejudiciului cauzat resurselor piscicole ale râului Nistru în cursul lucrărilor de inginerie hidraulică.

Aprobarea lucrării. Rezultatele cercetării efectuate în cadrul tezei au fost prezentate la 37 conferințe și simpozioane internaționale și 11 conferințe regionale, inclusiv cele cu participare internațională.

Publicații la tema tezei. Au fost publicate 104 lucrări științifice (din care 34 fără coautori): monografii – 3/2, articole în reviste străine recenzate – 6/2, articole în reviste incluse în Registrul național al revistelor științifice de specialitate – 4/3, publicații în culegeri internaționale – 33/4, în culegeri naționale – 11/3, rezumate în culegeri internaționale – 21/12, în alte culegeri științifice din Republica Moldova – 23/4.

Domeniul de aplicare și structura tezei. Teza este prezentată pe 214 pagini text de bază, care includ: introducere, 5 capitole, concluzii generale și recomandări. Lucrarea conține 44 de tabele, 74 de figuri și o listă de referințe, incluzând 383 de titluri.

Cuvinte-cheie: zoobentos, factor de mediu, ecosistem acvatic, monitorizare biologică, hidrobiont, potențial de adaptare, acumularea metalelor, specie invazivă, comunitate parazitară, productivitate piscicolă, schimbări climatice, transformarea ecosistemului.

CONȚINUTUL TEZEI

INTRODUCERE. Se fundamentează relevanța temei, se formulează scopul, obiectivele și se subliniază aspectele-cheie abordate în cercetare. De asemenea, se pune în evidență caracterul inovator al contribuției științifice și relevanța acesteia din perspectivă teoretică și practică.

1. SUCCESIUNILE NEVERTEBRATELOR BENTONICE ÎN APELE DE SUPRAFAȚĂ ȘI POSIBILITĂȚILE UTILIZĂRII LOR CA INDICATORI BIOLOGICI ÎN MONITORIZAREA COMPLEXĂ ȘI EVALUAREA STĂRII ECOLOGICE A ECOSISTEMELOR ACVATICE

Este luată în considerare structura complexului energetic al UE și al țărilor vecine. Se face o analiză a stării cercetărilor privind zoobentosul instalațiilor hidroenergetice (lacurile de acumulare ale hidrocentralelor, lacurile-refrigerente ale centralelor termice și nucleare). Se remarcă faptul că în ultimele decenii au fost publicate puține articole științifice care reflectă procesele care au loc în biota acestor ecosisteme, iar interesul pentru această problemă a scăzut semnificativ.

Este prezentată istoria studiilor faunei bentonice a lacului de acumulare Cuciurgan înainte și după construcția în 1964 a CTE din Moldova. Din punct de vedere istoric, sunt luate în considerare studiile zoobentosului a lacului de acumulare Dubăsari înainte și după formarea lacului în 1955.

Sunt luate în considerare metodele de monitorizare biologică a corpurilor de apă cu utilizarea organismelor zoobentice, inclusiv cele recomandate pentru utilizare în Moldova.

2. CARACTERISTICA FIZICO-GEOGRAFICĂ ȘI ECOLOGICĂ A LACURILOR DE ACUMULARE CERCETATE DIN BAZINUL HIDROGRAFIC AL FLUVIULUI NISTRU ȘI METODOLOGIA CERCETĂRII LOR

2.1. Caracteristica fizico-geografică și ecologică a lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic al fluviului Nistru

Lacul de acumulare Cuciurgan este situat în sud-estul Moldovei, la hotarul administrativ cu Ucraina. Este lac refrigerent al CTEM cu o capacitate de 2,52 GW. Suprafața

apei este de aproximativ 2730 ha, cu o adâncime medie de 3,5 și maxim 5,0 m; volumul apei 88 milioane m^3. Sunt dați indicatorii hidrochimici ai calității apei. Funcționarea CTE, pe lângă modificările parametrilor hidrochimici, a condus la poluarea lacului de acumulare cu metale grele și la acumularea acestora în organele și țesuturile macrofitelor, nevertebratelor și hidrobionților vertebraţi, inclusiv a peștilor. O problemă actuală a „poluării biologice" este cea cu specii invazive [38].

Lacul de acumulare Dubăsari a fost format prin construcția barajului hidrocentralei Dubăsari (capacitate 48 mii kW) pe râul Nistru, situat între orașele Camenca și Dubăsari. Lungime 128 km, lățime 200-1800 m, adâncime medie la momentul creării 7,19 m. Suprafața 67,5 km^2. Volumul lacului de acumulare în ultimele decenii, din cauza înnămolirii sale, a scăzut de la 485 la 277,4 milioane m^3 [38]. Principalul motiv al deteriorării stării ecologice a lacului de acumulare este impactul CHEN construit în regiunea Cernăuți din Ucraina în 1982 [42]. Regimul hidrologic, gazos și termic a fost perturbat, iar Nistrul este intens acoperit de macrofite [38].

2.2. Metode de colectare și volumul materialului

Materialele de cercetare au constat în probele zoobentosului colectate sezonier din lacul de acumulare Cuciurgan în intervalul de timp cuprins între anii 1997 și 2021 (peste 1100 de probe) și din lacul de acumulare Dubăsari (peste 500 de probe) în perioada 2010-2021. Selecția și prelucrarea materialului s-au efectuat în conformitate cu standardele internaționale și naționale și cu metodele recomandate în Moldova. Variabilitatea dinamicii biomasei (VDB) zoobentosului a fost calculată pe baza valorilor sezoniere minime, maxime și medii. Productivitatea piscicolă potențială (creșterea ihtiomasei), în funcție de resursele nutritive ale zoobentosului, a fost calculată în conformitate cu metodologiile aprobate în Republica Moldova. Pentru a studia activitatea enzimelor digestive ale organismelor acvatice s-au folosit omogenate tisulare ale nevertebratelor bentonice. Activitatea proteinazelor a fost evaluată prin creșterea concentrației de tirozină prin metoda Anson. Pentru a determina gradul de acumulare a metalelor în nevertebratele bentonice, s-a folosit o metodă numită "cenușire umedă". Această tehnică implică tratarea probelor cu un amestec de acizi azotic și clorhidric, conform standardului ISO 11885:2012. Ulterior, concentrațiile metalelor au fost măsurate prin metoda de absorbție atomică, cu atomizare electrotermică în cuptor de grafit, cu ajutorul spectrometrului AAnalyst 500, și prin metoda de emisie atomică cu plasmă cuplată inductiv, cu ajutorul spectrometrului Thermo Scientific iCAP 6200-ICP-OES. Analiza probelor a fost efectuată în Laboratorul Hidrobiologie și Ecotoxicologie al Institutului de Zoologie. Pentru evaluarea și dinamica stării ecologice a corpurilor de apă au fost utilizate următoarele metode: starea zoobentosului din lacuri în diferite perioade de funcționare a acestora, C&HI, G&WI, C&BI, L&SI, P&B, indici BMWP. Construcția modelelor matematice a fost realizată pe baza unei combinații de parametri de mediu.

3. DIVERSITATEA, PRODUCTIVITATEA ȘI MODIFICAREA CARACTERISTICILOR STRUCTURALE ALE COMUNITĂȚILOR ZOOBENTICE ÎN LACURILE DE ACUMULARE DIN BAZINUL FLUVIULUI NISTRU SUB INFLUENȚA FACTORILOR ANTROPOGENI

3.1. Starea actuală și dinamica multianuală a zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari

În prezent, zoobentosul lacului de acumulare este compus din complexe bentonice lito-, psamo-, peloreofile, agrilo- și fitofile. Complexul peloreofil este afectat predominant de scăderea debitului și de fenomenul de colmatare.

Fauna bentonică este reprezentată în principal de zoobentosul „moale”: anelide, crustacee superioare și larve de insecte amfibiotice. Malacofauna este formată din bivalve și gasteropode. Pe întreaga perioadă de cercetare asupra zoobentosului lacului de acumulare, în el au fost înregistrate peste 170 de specii [29, 36, 38] (Tabelul 3.1).

Tabelul 3.1. Dinamica compoziției speciilor zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari, număr de specii

Înainte de formarea lacului de acumulare (până în 1955)	După reglementare (1955)	1960-1970	La mijlocul anilor' 1970	2013-2015	2018-2021
190	75	117	130-160	149	170

Oligochetele reprezintă cel mai numeros grup de zoobentos din lac de acumulare. Dintre cele 49 de specii din Nistru predomină naididele *Stylaria lacustris*, *Vejdovskyella comata*, *V. intermedia*, *Dero digitata*, *Nais behningi*, *N. bretscheri*, *Spercaria josinae*, *Ophidonais serpentina*, *Uncinais uncinata*, *Amphichaeta leydigi*, *Chaetogaster diastrophus*, *Pristina rosea*, *Pristina bilobata*, *P. bilobata*, *P. aequiseta*, *P. longiseta*) şi tubificidele (*Rhyacodrilus falciformis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *L. claparedianus*, *L. udekemianus*, *L. profundicola*, *L. michaelseni*, *Ilyodrilus moldaviensis*, *I. hammoniensis*, *I. bedoti*, *Psammoryctes barbatus*, *Tubifex tubifex*, *T. nevaensis*, *T. ignotus*, *T. filum*, *Branchiura sowerbyi*, *Isochaetides michaelseni*). Structura trofică a populaţiilor de oligochete este dominată de detritofagi euribionte cu o predominanţă de *L. hoffmeisteri, L. claparedianus, L. udekemianus, L. michaelseni, I. moldaviensis, Isochaetus michaelseni.*

Efectivul oligochetelor a variat în intervalul 1657-3370 ex./m^2 (în medie 2407 ex./m^2); biomasă – 2,49-10,76 g/m^2 (medie 4,44 g/m^2) (Tabelul 3.2). În zona de apă a lacului de acumulare, distribuția oligochetelor, precum și a altor grupuri de zoobentos „moale”, variază de-a lungul anilor, având un caracter mozaic și nu un model definit.

Tabelul 3.2. Dinamica dezvoltării cantitative a zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari în perioada 2010-2021

Anul	Oligochete	Polichete	Chironomide	Crustacee superioare	Ceratopogonide	Alte insecte amfibiotice	Zoobentos „moale”	*Dreissena polymorpha*
2010	1657/7,25	5/0,009	97/0,4	675/1,13	20/0,05	6/0,08	2460/8,91	698/22,47
2011	3372/10,7	2/0,003	1479/15,2	100/0,43	13/0,03	6/0,94	4972/27,4	40/35,11
2012	2584/4,61	15/0,08	1136/4,32	96/0,17	32/0,09	–	3864/9,27	26/62,55
2013	2334/4,29	–	883/4,03	28/0,03	8/0,02	–	3254/8,37	–
2014	2055/4,04	–	810/5,58	53/0,30	23/0,06	–	2942/9,98	86/35,37
2015	1683/3,59	7/0,02	318/3,16	80/0,26	3/0,003	3/0,03	2094/7,06	267/227,2
2016	2550/4,01	7/0,04	865/4,59	193/1,28	93/0,27	13/0,12	3722/10,3	223/183,3
2017	2193/2,74	–	972/8,85	83/0,35	237/0,98	3/0,02	3488/12,9	33/3,97
2018	2370/2,73	–	933/15,89	73/0,26	100/0,55	–	3476/19,4	393/225,3
2019	2023/2,49	–	960/15,68	80/0,35	90/0,45	–	3153/18,9	237/25,23
2020	3373/3,75	17/0,11	767/11,61	63/0,46	83/0,25	7/0,06	4310/16,2	230/28,02
2021	2690/3,03	17/0,17	877/8,23	37/0,04	47/0,08	–	3667/11,5	–
Medie	2407±132 4,44±0,3	6±3,2 0,04±0,02	841±59 8,13±0,6	130±23 0,42±0,09	62±7 0,24±0,03	3 0,10	3450±234 13,37±1,1	186±16 70,71±8,5

Efectivul (ex./m^2) / biomasă (g/m^2)

În structura zoobentosului „moale” al lacului de acumulare Dubăsari, oligochetele reprezintă 69,7% după pondere și 33,2% după biomasă (Fig. 3.1). Efectivul acestora a variat în

intervalul 1657-3370 ex./m^2; biomasa – 2,49-10,76 g/ m^2. Există o tendință nesemnificativă de creștere a abundenței oligochetelor pe fundalul unei scăderi a biomasei acestora cauzată de predominanța formelor pelofile.

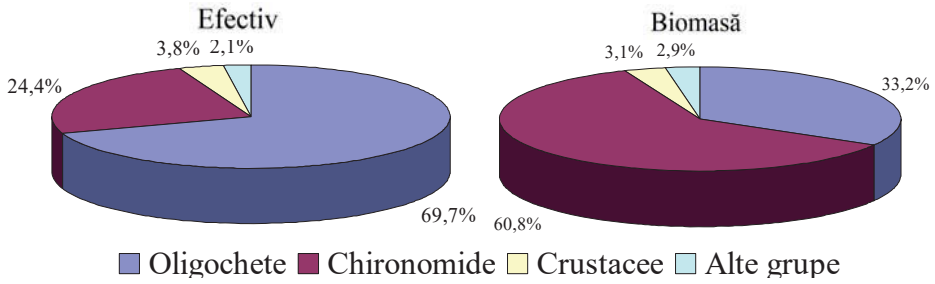


Fig. 3.1. Cota-parte a componentelor zoobentosului „moale” din lacul de acumulare Dubăsari între anii 2010-2021 în formarea efectivului și a biomasei

Comportamentul ecosistemelor reflectă schimbări sezoniere sau pe termen lung ale caracteristicilor lor structurale sau funcționale, inclusiv variabilitatea dinamicii biomasei (VDB). VDB principalelor grupe de zoobentos ale lacului de acumulare este supusă unor fluctuații semnificative (Tabelul 3.3), ceea ce indică un impact antropic puternic și modificări structurale și funcționale care au loc în sistem.

Tabelul 3.3. Variabilitatea dinamicii biomasei principalelor grupe de zoobentos „moale” din lacul de acumulare Dubăsari între anii 2010-2021

Grupa bentonică	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	medie
Oligochete	0,56	1,23	0,99	0,67	0,95	0,77	0,15	0,17	0,34	0,43	0,45	0,47	0,59
Chironomide	0,50	1,87	0,37	1,42	0,43	0,43	0,89	0,39	0,30	0,24	0,31	1,05	0,68
Crustacee	0,11	2,07	2,53	1,33	2,15	2,27	0,82	1,74	0,84	1,65	0,61	0,75	1,40
Ceratopogonide	0,11	2,60	1,22	1,0	1,33	3,33	1,14	1,45	0,72	1,68	0,60	1,5	1,39
Zoobentos „moale”	0,74	1,61	0,72	0,61	0,14	0,60	0,45	0,25	0,28	0,33	0,37	0,84	0,58

În zoobentosul „moale” al lacului de acumulare Dubăsari, oligochetele au cea mai mică valoare VDB (0,59), ceea ce caracterizează acest grup ca fiind cel mai euribiont, adaptat la condițiile de schimbare ale mediului. Efectivul de polichete din lacul de acumulare este nesemnificativ – 6 ex./m^2 cu o biomasă de 0,04 g/m^2 (Tabelul 3.2).

Fauna chironomidelor este formată din 34 de specii, printre care *Cricotopus sylvestris, Cr. gr. algarum, Cryptochironomus gr. defectus, Chironomus plumosus, Microtendipes gr. chloris, Polypedilum convictum, P. scalaenum, P. gr.nubeculosum, Tanypus punctipennis, T. vilipennis*. În structura zoobentosului „moale”, chironomidele ocupă 24,4% după pondere și 60,8% după biomasă (Fig. 3.1). Ponderea acestora variază între 97-1479 ex./m^2 (medie 841 ex./m^2), iar biomasa – 0,4-15,89 g/m^2 (medie 8,13 g/m^2) (Tabelul 3.2). Din 2010 până în 2021 există o tendință de creștere a ponderii și biomasei acestora. Valoarea VDB a chironomidelor (0,68) le caracterizează ca un grup euribiont al zoobentosului lacului de acumulare, capabil să se adapteze rapid la condițiile de schimbare ale mediului.

Ceratopogonidele (Ceratopogonidae) sunt un grup comun de insecte amfibiotice ale lacului de acumulare cu o populaţie de 3-237 ex./m^2 (medie 62 ex./m^2) şi o biomasă de 0,24 g/m^2 (Tabelul 3.2). În zoobentosul „moale”, ceratopogonidele reprezintă 1,8% din abundență și biomasă. Valoarea VDB (1,39) îi caracterizează ca fiind hidrobionți mai puțin eurobionţi în comparație cu alte grupuri. Fluctuațiile semnificative ale VDB a ceratopogonidelor servesc ca un indicator al stării instabile și al funcționării ecosistemului lacului de acumulare.

Tricopterele (Trichoptera) sunt puține la număr. La cele 7 specii menționate anterior, inclusiv *Ecnomus tenellus, Oecetis lacustris* şi *Orthotrichia costalis*, s-au adăugat încă 11,

inclusiv *Agraylea multipunctata, Athripsodes bilineatus, Hydropsyche ornatula, Oecetis ochracea.* Efectivul tricopterilor din probe a variat de la 3 la 13 ex./m^2 (maximum 80 ex./m^2) sau nu au nimerit în probe. De menționat că fauna tricopterilor din regiune nu a fost suficient investigată, iar creșterea numărului de taxoni este asociată în prezent cu o identificare mai detaliată a speciilor și nu cu o creștere a diversității reale a acestora.

Fauna efemeropterelor (Ephemeroptera) din lacul de acumulare este formată din 8 specii, inclusiv *Caenis horaria*, *C. robusta*, *Cloeon dipterum*, *Cl. simile*, *Palingenia longicauda*, *Heptagenia sulphurea*, *Ephemera lineata.* Larvele de efemeroptere au fost rar întâlnite în probele bentonice, iar densitatea lor a fost de doar 1 ex./m^2 (în unele probe până la 40 ex./m^2). Datorită greutății individuale mari, efemeropterele în unii ani, după biomasă, reprezintă până la 3% din zoobentosul „moale" al lacului de acumulare.

Crustaceele superioare ale bentosului sunt reprezentate de amfipode, mizide și cumacei. Din cele 21 de specii de crustacee, 10 au fost introduse anterior. Mai frecvente *Dikerogammarus haemobaphes*, *D. villosus*, *Pontogammarus robustoides*, *Pterocuma pectinata, Pseudocuma cercaroides*, *Limnomysis benedeni*, *Paramysis lacustris*, *Katamysis warpachowskyi*. Abundența medie a crustaceelor este de 130 ex./m^2 cu o biomasă de 0,42 g/m^2 (Tabelul 3.2), reprezentând 3,8% după abundență și 3,1% după biomasă în structura zoobentosului „moale" (Fig. 3.1). Amfipodele sunt cele mai numeroase – 73% din populație și 57,2% din biomasa tuturor crustaceelor. Efectivul medie cumaceelor este de 26 ex./m^2 cu o biomasă de 0,04 g/m^2. Mizidele ocupă 7% din pondere și 33,3% din biomasă. În prezent, există o scădere a efectivului mizidelor în lacul de acumulare. Densitatea lor în probele bentonice a fost de 10 ex./m^2 cu o biomasă de 0,14 g/m^2.

În zona de apă a lacului de acumulare, amfipodele se găsesc mai des în locuri cu o mare abundență de *Dreissena polymorpha*, cu care se află în relații biotice de tip comensal. Dinamica generală a abundenței amfipodelor și a dreisenei este prezentată în fig. 3.2. Drusele dreisenei din corpurile de apă creează condiții favorabile nu numai pentru gamaride, dar și pentru alte organisme acvatice, creând comunități originale.

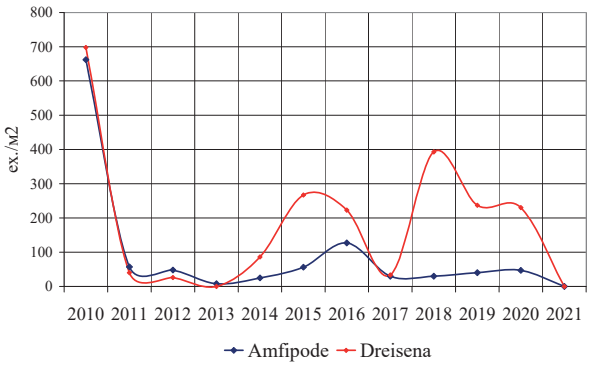


Fig. 3.2. Raportul efectivului amfipodelor și dreisenei în lacul de acumulare Dubăsari, 2010-2021 (r = 0,81)

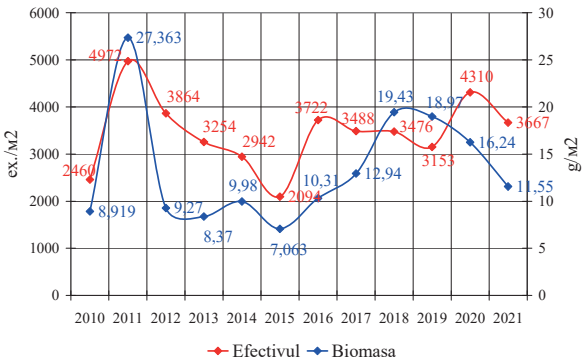


Fig. 3.3. Dinamica dezvoltării cantitative a zoobentosului „moale" în lacul de acumulare Dubăsari în perioada 2010-2021

Valoarea medie a VDB a crustaceelor bentonice a lacului de acumulare este de 1,4 (Tabelul 3.3), ceea ce îi caracterizează ca hidrobionți mai puțin adaptați la condițiile de mediu în schimbare, în comparație cu anelidele și larvele chironomidelor.

În general, dezvoltarea zoobentosului „moale" a lacului de acumulare Dubăsari se caracterizează printr-o densitate și biomasă destul de ridicată (Fig. 3.3), care sunt determinate de complexul oligochete-chironomide: 3248 ex./m^2 sau 94,1% și 12,57 g/m^2 sau 94% din bentosul „moale" al lacului de acumulare.

Lacul de acumulare este populat de 35 de specii de moluște, dintre care o parte semnificativă practic nu se găsește în bentos. Domină *Dreissena polymorpha, Theodoxus fluviatilis, Viviparus viviparus, Lithoglyphus naticoides*. Există alte specii de moluște care locuiesc pe plante acvatice superioare și nu se găsesc în probele de sedimente bentonice. Densitatea medie a dreisenei din lacul de acumulare Dubăsari a fost de 186 ex./m^2 cu o biomasă de 70,71 g/m^2. Deoarece face parte din perifiton, dreisena nu se întâlnește frecvent în solurile moi, ci preferă substraturile solide. Colonii de dreisene au capacitatea de a acționa ca un biofiltru puternic, fiind în măsură să filtreze aproximativ 90 de litri de apă pe zi pe o suprafață de 1 metru pătrat. Prin acest proces, ele contribuie activ la auto-purificarea naturală a lacului de acumulare.

Ca urmare a reglementării Nistrului în lacul de acumulare Dubăsari s-au produs modificări fundamentale în structura și abundența faunei bentonice, care s-au agravat după construirea CHEN. Au devenit vizibile următoarele tendințe: diversitatea și biomasa speciilor a scăzut, însoțită de o reducere a faunei lito- și psammoreofile stenobionte, a crescut proporția speciilor alogene și introduse, iar apariția populației bentonice în ansamblu a devenit mai peloreofilă cu predominanța complexului oligochete-chironomide.

În comparație cu lacul de acumulare Cuciurgan, regimul hidrologic al lacului de acumulare Dubăsari și condițiile de habitat ale hidrobionților sunt supuse unor fluctuații mai accentuate, ceea ce a contribuit la transformarea constantă a faunei bentonice, care continuă până în prezent.

3.2. Formarea și starea actuală a comunităților bentonice ale lacului-refrigerent tehnogen al CTE Moldovenești

Lacul de acumulare Cuciurgan reprezintă una dintre puținele lacuri-refrigerente în care investigațiile asupra zoobentosului sunt realizate pe întreaga perioadă de funcționare a CTEM. Acest aspect îl transformă într-un lac model ideal pentru studiul proceselor succesionale în fauna bentonică, în diverse condiții de impact antropic la diferite niveluri.

În perioada de încărcare termică scăzută asupra lacului-refrigerent (1966-1970), termoficarea nu a afectat compoziția speciilor zoobentosului, care a cuprins 190 de specii cu predominanța oligochetelor, chironomidelor, moluștelor și crustaceelor ponto-caspice. Efectivul și biomasa formelor de bentos iubitoare de apă rece au scăzut ușor.

Oligochetele și chironomidele și-au redus oarecum indicatorii de producție, în timp ce crustaceele și moluștele superioare au reacționat la o ușoară creștere a temperaturii medii anuale a apei din lacul de acumulare printr-o ușoară creștere a efectivului și a biomasei populațiilor lor (Tabelul 3.4). Termoficarea moderată a lacului de acumulare (1976-1977) a contribuit la faptul că zoobentosul, cu excepția oligochetelor, care și-au redus efectivul de 3 ori, a continuat să își mărească efectivul populațiilor pe fonul scăderii biomasei lor.

În perioada nivelului maxim de impact termic (1981-1984), temperatura apei a crescut cu 3-5 °C față de cea naturală. Diversitatea zoobentosului a scăzut cu 70 de specii. Printre acestea, 26 de specii de insecte amfibiotice, inclusiv 12 specii de chironomide (incluzând *Cryptocladopelma fridmanae, Cr. rolli, Corynoneura celeripes*), câte 12 specii de oligochete (în acelaşi timp *Aulodrilus pluriseta*, *Nais variabilis*, *Trichodrilus pragensis* ş.a.) și crustacee superioare (*Pontogammarus sarsi*, *Paramysis kessleri sarsi*, *Stenogammarus compressus*, *Pseudocuma graciloides* ş.a.), şi 20 specii de moluşte (inclusiv *Anisus spirorbis*, *Euglesa henslowana*, *Hypanis laeviuscula fragilis*, *Valvata pulchella*, *V. cristata*, *Fagotia acicularis*), care, de fapt, anterior nu erau numeroase [14].

Tabelul 3.4. **Dinamica multianuală a efectivului (ex./m^2) și a biomasei (g/m^2) zoobentosului lacului de acumulare Cuciurgan în perioada 1964-2021**

Grupa de zoobentos	1964-1965		1966-1970		1976-1977		1981-1984		1990-1994		1997-2000		2004-2021	
	regim termic natural		termoficare slabă		termoficare moderată		termoficare maximă		termoficare scăzută				perioadă stabilă cu termoficare redusă	
	(Ярошенко, 1973)				datele Laboratorului Hidrobiologie și Ecotoxicologie al Institutului de Zologie						datele autorului			
	ex./m^2	g/m^2	ex./m^2	g/m^2	ex./m^2	g/m^2	ex./m^2	g/m^2	ex./m^2	g/m^2	ex./m^2	g/m^2	ex./m^2	g/m^2
Oligochete	2730	3,76	2121	2,81	749 ±112	1,27 ±0,18	4177 ±585	2,11 ±0,29	4080 ±694	3,43 ±0,58	2692 ±698	3,73 ±0,96	5841 ±350	8,86 ±0,71
Polichete	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	507 ±107	0,71 ±0,15	190 ±76	1,08 ±0,43	84 ±7	0,43 ±0,06
Chironomide	689	1,86	590	1,74	1267 ±165	0,97 ±0,14	1161 ±198	2,06 ±0,35	2717 ±489	3,24 ±0,58	1958 ±411	9,34 ±2,96	831 ±57	13,23 ±1,72
Crustacee superioare	44	0,71	131	0,73	263 ±47	0,37 ±0,07	221 ±46	0,66 ±0,13	569 ±142	1,27 ±0,32	579 ±202	2,65 ±1,04	124 ±10	0,51 ±0,08
inclusiv: amfipode	lipsesc date	lipsesc date	lipsesc date	lipsesc date	224 ±41	0,31 ±0,06	153 ±31	0,56 ±0,11	322 ±157	0,97 ±0,41	485 ±164	2,51 ±1,0	119 ±8	0,46 ±0,03
mizide	lipsesc date	lipsesc date	lipsesc date	lipsesc date	8 ±1	0,03 ±0,005	23 ±5	0,06 ±0,01	34 ±15	0,08 ±0,02	5 ±2	0,02 ±0,008	1	0,003
cumacee	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	Introduse în ”alte grupe”	31 ±6	0,03 ±0,005	45 ±9	0,04 ±0,0008	213 ±93	0,22 ±0,09	89 ±35	0,12 ±0,04	5	0,02
Alte grupe	830	0,37	194	0,96	146 ±29	0,56 ±0,11	55 ±12	2,40 ±0,55	57 ±22	0,17 ±0,06	25 ±12	0,04 ±0,018	33 ±3	0,13 ±0,01
Zoobentos “moale”	4293	6,70	3036	6,24	2426 ±353	3,17 ±0,50	5615 ±841	7,24 ±1,32	7931 ±1454	8,82 ±1,69	5444 ±1197	16,83 ±5,40	6913 ±438	23,16 ±3,3
Moluște	430	68,13	768	203,01	1950 ±370	987,97 ±187,7	859 ±178	344,12 ±82,5	1286 ±515	490,07 ±196,0	2680 ±1070	640,35 ±256,1	738 ±82	179,71 ±26,9
inclusiv: dreisenă	240	61,50	534	160,20	lipsesc date	866,20	843 ±177	318,1 ±77,3	1155 ±462	458,29 ±183	2388 ±955	597,29 ±238,8	734 ±88	174,35 ±19,1
Zoobentosul total	4723	75,01	3804	209,25	4376 ±723	991,14 ±188,2	6474 ±1019	351,35 ±83,8	9217 ±1969	498,89 ±197,7	8125 ±2267	657,18 ±261,5	7652 ±567	202,86 ±30,3

Nevertebratele bentonice au reacționat diferit la nivelul crescut al termoficării lacului de acumulare. Oligochetele, după o scădere a efectivului lor în perioada de termoficare slabă și moderată, și-au crescut densitatea, atingând valorile maxime pentru întreaga perioadă de funcționare a lacului de acumulare ca lac refrigerent (Tabelul 3.4). Chironomidele și-au păstrat potențialul bioproductiv. În urma încălzirii apei, efectivul și biomasa majorității grupurilor de hidrobionți acvatici secundari, precum efemeropterele și libelulele, au înregistrat o scădere semnificativă. Cu excepția larvelor de chironomide, aceste grupuri au fost afectate negativ. De asemenea, populațiile de moluște au înregistrat o reducere semnificativă.

Astfel, ca urmare a termoficării crescute a corpului de apă, structura comunităților de zoobentos s-a schimbat odată cu pierderea speciilor sensibile la căldură de oligochete, insecte amfibiotice, crustacee superioare și moluște din compoziția sa. Speciile euriterme stabile din punct de vedere ecologic au rezistat stresului termic, și-au arătat abilitățile de adaptare și și-au crescut populațiile.

Perioada nivelului redus de termoficare a lacului de acumulare în anii 1990-2000 a fost caracterizată printr-o creștere suplimentară a abundenței și a biomasei chironomidelor și a crustaceelor superioare și o scădere a abundenței oligochetelor pe fondul creșterii biomasei acestora.

Fauna bentonică a lacului de acumulare Cuciurgan în perioada 2004-2021

Oligochetele sunt cea mai numeroasă componentă a bentosului lacului de acumulare. Din peste 35 de specii, partea principală ocupă tubificidele: *Tubifex tubifex, Limnodrilus hoffmeisteri, L. claparedeanus, Potamothrix moldaviensis, P. hammoniensis* şi al. De la transformarea estuarului într-un lac-refrigerent, oligochetele sunt în prezent la vârful abundenței și al biomasei lor. Densitatea lor este de 5841 ex./m^2 cu o biomasă de 8,86 g/m^2, ocupând 84,5% din abundență și 38,2% din biomasă în zoobentosul „moale” (Fig. 3.4).

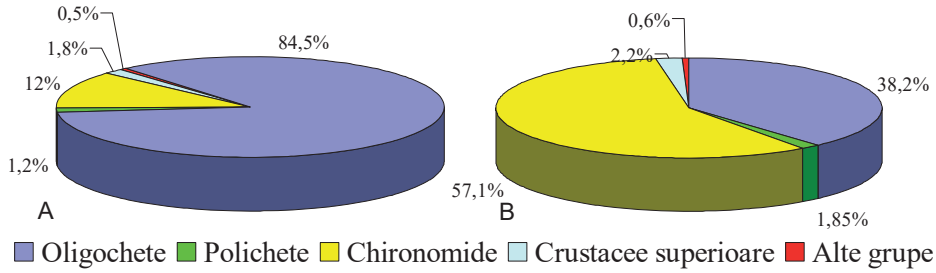


Fig. 3.4. Ponderea (%) diferitor grupe în formarea efectivului (A) și a biomasei (B) zoobentosului „moale” în lacul de acumulare Cuciurgan, 2004-2021

Densitatea polichetelor este de 84 ex./m^2 cu o biomasă de 0,43 g/m^2. Ponderea lor în zoobentosul „moale” a lacului de acumulare este de 1,2% din punct de vedere al abundenței și 1,85% din punct de vedere al biomasei.

Fauna chironomidelor a lacului de acumulare este formată din peste 55 de specii, printre care *Chironomus plumosus, Limnochironomus nervosus, Cryptochironomus defectus, Leptochironomus tener, Procladius ferrugineus, Polypedilum bicrenatum, P. convictum* ş.a. [14, 43].

Efectivul medie anuală a chironomidelor este de 831 ex./m^2 cu o biomasă de 13,23 g/m^2. Spre deosebire de oligochete, ele și-au scăzut densitatea în comparație cu perioada 1990-2000, în timp ce biomasa lor, dimpotrivă, a crescut. Efectivul chironomidelor din zoobentosul „moale” al lacului refrigerent a fost de 12% din punct de vedere al abundenței și de 57,1% din punct de vedere al biomasei (Fig. 3.4).

Ceratopogonidele (Ceratopogonidae) sunt o componentă comună a zoobentosului lacului de acumulare (32 ex./m^2; 0,12 g/m^2), ocupând 0,46% din abundență și 0,52% din biomasă în structura zoobentosului „moale”. În ultimii ani, s-a înregistrat o creștere a efectivului acestora în lacul de acumulare.

Larvele libelulelor, efemeropterelor şi trihopterelor sunt sărace în specii și sunt o componentă mică a zoobentosului, care este tipic pentru multe bazine refrigerente. În eșantioanele bentonice, acestea sunt rareori înregistrate, deoarece mulți sunt fitofili și trăiesc în principal în zona de coastă a desișurilor macrofite.

Aspectul general al faunei crustaceelor bentonice a lacului de acumulare a păstrat caracteristicile inerente la începutul anilor 2000. Ca și până acum, ea este formată din mizide (1%), cumacee (3%) și amfipode (96%), predominând amfipodele, dintre care cele mai comune sunt *Dikerogammarus haemobaphes*, din corofiide *Corophium maeoticum*. Reprezentanţi ai cumaceelor *Pseudocuma cercarioides* şi *Pterocuma pectinata*, mizide – *Limnomysis benedeni* şi *Paramysis lacustris.* Abundenţa medie a crustaceelor este de 124 ex./m^2 cu o biomasă de 0,51 g/m^2. Cea mai mare densitate a gamaridelor a fost observată în locurile cu abundența maximă de *D. polymorpha.*

Indicatorii cantitativi ai zoobentosului „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan se caracterizează printr-o densitate destul de mare (6913 ex./m^2) și biomasă (23,16 g/m^2) (Fig. 3.5, 3.6), care a scăzut semnificativ în anii 2014-2017, iar biomasa de bentos „moale” în 2015 s-a dovedit a fi cea mai scăzută pentru perioada 2004-2021.

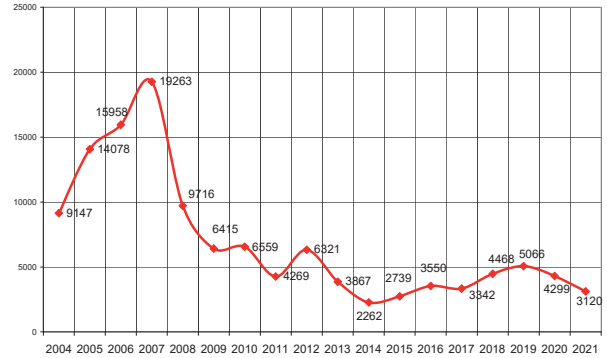


Fig. 3.5. Dinamica efectivului (ex./m^2) zoobentosului „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan, 2004-2021.

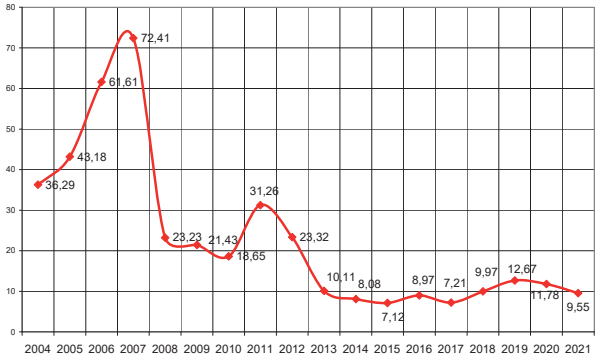


Fig. 3.6. Dinamica biomasei (g/m^2) zoobentosului „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan, 2004-2021.

Efectivul și biomasa bentosului „moale” sunt determinate de complexul oligochet-chironomid, care este de 6672 ex./m^2 (96,5% din efectivul zoobentosului „moale”) și 22,09 g/m^2 (95,4% din biomasă). Dinamica modificărilor cantitative în zoobentosul „moale” în toate perioadele de funcționare a lacului de acumulare demonstrează că valorile abundenței nu au o dinamică clară, iar biomasa a prezentat o tendință de creștere progresivă de la mijlocul anilor 1970 până acum.

Malacofauna bentonică a lacului de acumulare, cu conservarea generală a compoziției speciilor, este dominată de *Dreissena polymorpha, Hypanis pontica* și *H. colorata*. *Viviparus viviparus* este comun, la fel ca *Teodoxus fluviatilis*, care, fiind un litofil, preferă pietrele și construcţiile de beton ca substrat și rareori nimeresc în probele bentonice. *D. polymorpha* este cel mai numeros component al malacofaunei (734 ex./m^2, 174,4 g/m^2), dar ca reprezentant al perifitonului, este concentrat în principal pe diverse substraturi dure și tulpini de macrofite.

În cadrul ecosistemului lacului refrigerent, se poate observa o relație bine definită în ecosistemele lacustre eutrofice: pe măsură ce abundența și biomasa bentosului (în special

dreisenei) cresc, efectivul și biomasa zooplanctonului scad. Coeficientul de corelație dintre abundența populației dreisenei și zooplanctonul din lacului de acumulare Cuciurgan este -0,84. Această populație are un impact nu numai asupra dezvoltării zooplanctonului, ci și asupra altor organisme acvatice, în special, polichete și crustacee superioare. O creștere a ponderei dreisenei duce la o creștere a productivității zoobentosului, o schimbare a structurii sale trofice și a speciilor. Studiile noastre [11]. asupra așezărilor de druze Dreissena pe tulpini de stuf au constatat că în ele trăiesc până la 18 taxoni de nevertebrate, dintre care corofiide și gamaridele sunt reprezentate masiv.

Pentru a evalua stabilitatea comunităților bentonice ale lacului de acumulare Cuciurgan, a fost calculată variabilitatea dinamicii biomasei principalelor componente ale zoobentosului „moale" pentru perioada 2004-2021. *VDB* a zoobentosului este supusă unor fluctuații semnificative, în special la crustaceele superioare și la ceratopogonide. Acest lucru ne indică schimbări în structura și funcționarea sistemului, indicând faptul că lacul de acumulare este supus unui impact antropic puternic. Chironomidele și oligochetele au cele mai scăzute valori *VDB* (0,95 și 1,05), care caracterizează aceste grupuri de organisme acvatice ca fiind cele mai stabile și adaptate la schimbările condițiilor de mediu.

3.3. Compoziția zoogeografică a zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic al fluviului Nistru

Zoogeografia nevertebratelor acvatice este încă slab ivestigată. Pentru prima dată, un sistem de zonare zoogeografică a apelor continentale ale părții europene, bazat pe distribuția peștilor, a fost propus de L.S. Berg (1949). R. Bănărescu (1964) a dezvoltat un sistem de distribuție zoogeografică sintetică pentru hidrobionți folosind exemplul peștilor. Problemele genezei hidrofaunei corpurilor de apă ale bazinului Nistrului, ca regiune ponto-caspică, au fost luate în considerare de M.F. Iaroșenko (1957), I. Dediu (1980), Dm. Bulat (2019). Analiza biogeografică a faunei chironomide din Moldova a fost prezentată de I. Toderaş (1984). Geneza lacurilor de acumulare Dubăsari și Cuciurgan a determinat compoziția zoogeografică a faunei lor bentonice. Zoobentosul lor este reprezentat în principal de specii palearctice termofile din regatul holarctic, inclusiv relicte ponto-caspice (Tabelul 3.5). În ultimele decenii, au apărut specii invazive din America de Nord și Asia de Sud-Est [41].

Tabelul 3.5. Compoziția zoogeografică a zoobentosului din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan

Grupa taxonomică	Lacul de acumulare Dubăsari				Lacul de acumulare Cuciurgan			
	PA	PC	NA	SEA	PA	PC	NA	SEA
Polychaeta	**1**				**2**			
	-	1	-	-	-	2	-	-
Oligochaeta	**32**				**37**			
	31	-	-	1	36	-	-	1
Chironomidae	**46**				**68**			
	46	-	-	-	68	-	-	-
Alte insecte amfibiotice	**14**				**13**			
	14	-	-	-	13	-	-	-
Crustacea	**11**				**17**			
	-	11	-	-	-	15	1	1
Mysidacea	3				3			
	-	3	-	-	-	3	-	-
Gammaridae	6				8			
	-	6	-	-	-	8	-	-

Grupa taxonomică	Lacul de acumulare Dubăsari				Lacul de acumulare Cuciurgan			
	PA	PC	NA	SEA	PA	PC	NA	SEA
Cumacea	2				4			
	-	2	-	-	-	4	-	-
Decapoda	0				2			
	-	-	-	-	-	-	1	1
Mollusca	**22**				**26**			
	17	4	1	-	17	6	2	1
Gastropoda	17				21			
	12	4	1	-	14	4	2	1
Bivalvia	5				5			
	3	2	-	-	1	4	-	-
Total	**126**				**163**			
	106	18	1	1	132	25	3	3
Cota-parte a speciilor (%)	**84,1**	**14,3**	**0,8**	**0,8**	**81,0**	**15,3**	**1,8**	**1,8**

Notă: PA – specii palearctice, PC – relicte ponto-caspice, NA – specii nord-americane, SV – specii sud-est asiatice.

O analiză comparativă a compoziției zoogeografice a zoobentosului lacurilor de acumulare Dubăsari și Cuciurgan pe baza indicelui de afinitate cenotică Sorensen și a indicelui de similitudine Jaccard este prezentată în tabel. 3.6.

Tabelul 3.6. Valorile indicilor Sorensen (de afinitate) și Jaccard (de similitudine) la analiza comunităților de zoobentos din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan din punct de vedere al compoziției zoogeografice

Indice	**PA**	**PC**	**NA**	**SEA**	**Toată fauna**
Sorensen	0,53	0,74	0	0,50	0,56
Jaccard	0,36	0,59	0	0,33	0,39

Notă: PA – specii palearctice, PC – relicte ponto-caspice, NA – specii nord-americane, SV – specii sud-est asiatice.

Cele mai mari valori ale indicilor indică o asemănare semnificativă a faunei ponto-caspice a lacurilor de acumulare, deoarece ea este reprezentată în principal de crustacee superioare și moluște ale acestui complex faunistic. Diversitatea imigranților ponto-caspici în fauna bentonică a lacurilor de acumulare Dubăsari (18 specii) și Cuciurgan (25 specii) este reprezentată de 2 specii de polichete, 3 mizide, 10 gamaride, 4 cumacei, 4 gasteropode și 5 specii de bivalve [41]. Dintre lacurile de acumulare din Moldova, lacul de acumulare Cuciurgan este cel mai bogat în nevertebrate bentonice ponto-caspice și poate fi considerat nucleul în distribuția acestui grup relict de organisme acvatice [44]. Una dintre cele mai caracteristice componente ale complexului ponto-caspic al lacului de acumulare o reprezintă bivalvele *Hypanis pontica* și *Hypanis colorata*, incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova. Cea mai răspândită componentă a malacofaunei ponto-caspice a lacului de acumulare este *Dreissena polymorpha*.

4. IMPORTANȚA NEVERTEBRATELOR BENTONICE ÎN FUNCȚIONAREA ECOSISTEMELOR LACURILOR DE ACUMULARE DIN BAZINUL HIDROGRAFIC AL FLUVIULUI NISTRU

4.1. Locul și rolul nevertebratelor bentonice în lanțurile trofice

Fauna bentonică din lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari se caracterizează printr-o diversitate bogată de specii, pondere și biomasă înalte cu predominanța oligochetelor, chironomidelor, crustaceelor superioare și moluștelor. La evaluarea bazei nutritive a ihtiocenozelor, factorul determinant este biomasa zoobentosului „moale", care în lacuri a variat între 7,12-31,26 g/m^2 în lacul de acumulare Cuciurgan (în medie 13,22 g/m^2) și de la 7,06 la 23,37 g/m^2 în lacul de acumulare Dubăsari g/m^2) (Fig. 4.1).

Organismele zoobentonice au o valoare nutritivă înaltă și sunt incluse în spectrul alimentar al multor specii de pești. În intestinul plăticii lacului de acumulare Cuciurgan, acestea reprezintă 45-75% din hrană; carasului argintiu 13-46% la puieți și până la 84-100% la vârste mai înaintate; la bibanul juvenil 46-67,5%. Hrana guvizilor la 100% constă din zoobentos [17]. Chironomidele se disting prin valoarea alimentară specială și disponibilitatea pentru pești. La larvele de *Chironomus plumosus*, conținutul de substanță uscată absolută din organism variază între 8,8-14,5% cu o putere calorică de 5,6 kcal/g. Valoare nutrițională: 69,9% proteine, 8,8% grăsimi și 19,7% carbohidrați pe bază de substanță uscată. Cei mai activi consumatori de chironomide din lacul de acumulare Dubăsari sunt ghiborțul, crapul, plătica, mreana și carasul argintiu. În lacul de acumulare Cuciurgan, proporția chironomidelor din intestin ajunge în medie la 67% din greutatea totală a bolusurilor alimentare la lin, 56% la crap, 39% la tarancă și 32% la guvizi.

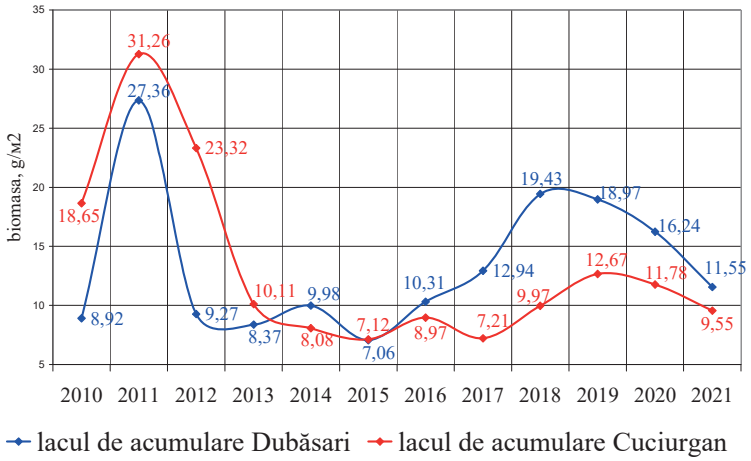


Fig. 4.1. Dinamica modificării biomasei (g/m^2) zoobentosului „moale" în lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari în perioada 2010-2021

Oligochetele conțin 46-58% proteine, 15-24% carbohidrați și 11-15% grăsimi în greutate substanță uscată cu un conținut total de calorii de 5,8 kcal/g. Sunt incluse în alimentația a peste 20 de specii de pești, dintre care cei mai activi consumatori sunt crapul (10-29% din masa conținutului intestinului), plătica (6,9%), carasul argintiu (3,4%).

Crustaceele superioare au o valoare nutritivă înaltă, dar ocupă o pondere nesemnificativă în nutriția bentofagilor. În mizide, procentul de grăsimi din greutatea corporală uscată este de 7,3-12,3%, proteine – 69,8-75,2%, carbohidrați – 4,2-7,8%, conținut total de calorii – 4,18-4,28 kcal/g. Valoarea specifică a amfipodelor și mizidelor în hrana bentofagilor variază de la 0,6% la tarancă până la 6,6% la plătică. În 2021, pentru prima dată, am observat includerea unei noi

specii invazive, crabul nord-american *Rhithropanopeus harrisi*, în nutriţia unor specii de peşti din lacul de acumulare Cuciurgan [33].

În ceea ce privește moluștele, bentofagii sunt mai selectivi. În lacul de acumulare Cuciurgan, dreisena este consumată în principal de crap (56,6% din masa conținutului intestinal), lin (44,7%) și taranca (33,1%). Ponderea dreisenei în alimentația plăticii este de 0,2%, în timp ce carasul și batca practic nu o consumă. Guvizii consumă cel mai activ Dreissena, în intestinele căreia ea poate ocupa mai mult de 90%. Mai accesibile peștilor sunt moluștele mici până la doi ani cu dimesiunea de până la 14 mm [17]. Un consumator activ de Dreissena în lacul de acumulare este o specie invazivă – bibanul-soare (*Lepomis gibbosus*).

Pe baza disponibilității zoobentosului, rolul principal în nutriția peștilor din lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari îl ocupă chironomidele și oligochetele, în timp ce crustaceele și polichetele sunt mai puțin frecvente în bolusurile alimentare. Dintre moluște, sunt utilizate în principal exemplare mici de dreisene și litoglife.

În procesele de digestie a peștilor, pe lângă enzimele sintetizate de sistemul lor digestiv, sunt implicate enzimele obiectelor alimentare, realizând autoliză indusă în asimilarea hranei. Am studiat enzimele unor specii de pești din lacul de acumulare Cuciurgan și obiectele lor de hrană – organisme zoobentos [10]. S-au constatat diferențe în ceea ce privește nivelul de activitate și dependența de pH a enzimelor care asigură hidroliza componentelor proteice care alcătuiesc mucoasa intestinală și chimul peștilor, precum și produsele alimentare ale acestora. S-a stabilit că enzimele organismelor bentonice sunt mai rezistente la valori scăzute ale pH-ului decât proteinazele intestinale de pește. S-a constatat că activitatea proteinazelor zoobentosului nutritiv depinde, de asemenea, în mod semnificativ de temperatură. O creștere a temperaturii de la 40 la 60 °C determină o scădere bruscă a activității enzimelor din chironomide, oligochete, creveți și dreisenă cu factori de 1,9, 2,1, 2,3 și, respectiv, 3,1. În mucoasa și chimul peștilor, precum și în obiectele hranei acestora, activitatea maximă a enzimelor se manifestă la 40°C.

Productivitatea potențială piscicolă a lacurilor de acumulare din bazinul Nistru din punct de vedere al resurselor trofice (zoobentos)

În lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan locuiesc 22 de specii de peşti bentosofagi. Productivitatea potenţială medie a ihtiomasei lacurilor de acumulare conform resurselor nutritive bentosului "moale" este reprezentată în tab. 4.1.

Tabelul 4.1. Biomasa medie (g/m^2) a grupelor principale de zoobentos „moale" şi creșterea potențială medie a ihtiomasei (kg/ha) lacurilor de acumulare Dubăsari și Cuciurgan conform resurselor trofice ale zoobentosului „moale" (2010-2021)

Zoobentosul "moale"	lacul de acumulare Dubăsari		lacul de acumulare Cuciurgan	
	Biomasa bentosului	Creșterea potențială medie a ihtiomasei	Biomasa bentosului	Creșterea potențială medie a ihtiomasei
Oligochete	4,44	14,998	2,97	12,741
Polichete	0,036	0,101	0,306	1,094
Chironomide	8,13	105,275	9,13	150,143
Crustacee superioare	0,42	1,892	0,68	3,889
Ceratopogonide	0,24	0,54	0,01	0,029
În total	13,27	122,806	13,09	167,896

În pofida faptului că biomasa totală a zoobentosului furajer din lacurile de acumulare Dubăsari (13,37 g/m^2) și Cuciurgan (13,22 g/m^2) s-a dovedit a fi practic aceeași, ea diferă în

funcție de principalele grupuri ale zoobentosului „moale”, care au valori furajere diferite.

Biomasa celor mai valoroase chironomide furajere este mai mare în lacul de acumulare Cuciurgan, cea ce determină o productivitate potențială a peștilor de 1,4 ori mai înaltă pentru zoobentosul „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan (167,896 kg/ha) comparativ cu Dubăsari (122,806 kg/ha).

4.2. Rolul zoobentosului în dezvoltarea comunităților parazitare (pe exemplul lacului de acumulare Cuciurgan)

Zoobentosul ecosistemelor acvatice este implicat în formarea comunităților parazitare ale diferitelor grupuri sistematice de paraziți, acționând ca o gazdă intermediară sau a doua intermediară. Lacul de acumulare Cuciurgan se caracterizează printr-o diversitate bogată de specii de zoobentos, care contribuie la dezvoltarea comunităților de paraziți. Lacul refrigerent este caracterizat de o mare varietate de paraziți de pești (370 de specii) și un grad înalt de invazie a acestora [15, 45]. Nevertebratele bentonice participă la implementarea ciclurilor de viață ale cnidosporidiilor, coccidiilor, nematodelor, trematodelor, cestodelor și acantocefalelor care parazitează peștii (Fig. 4.2).

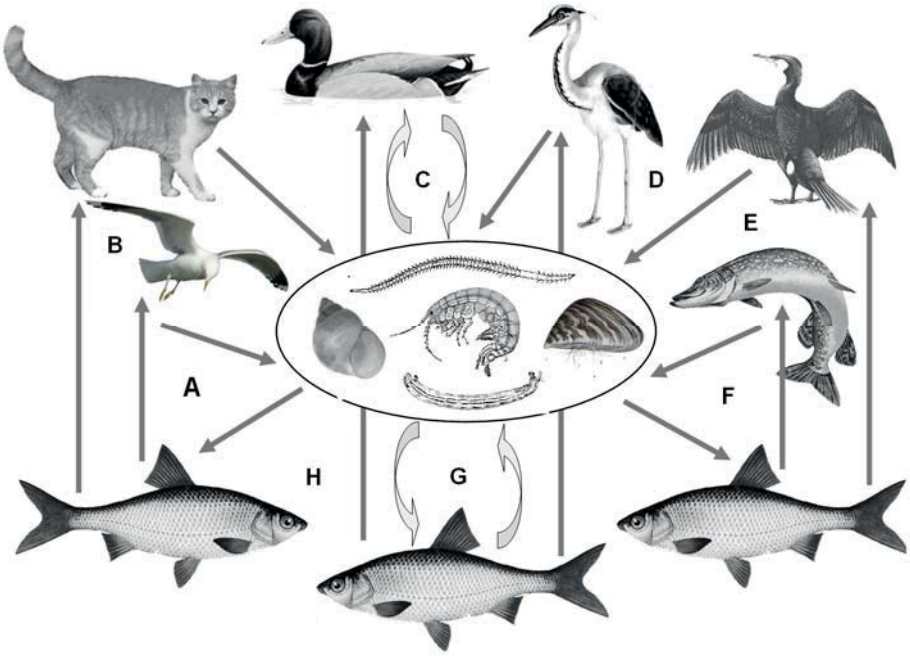


Fig. 4.2. Rolul zoobentosului în formarea comunităților de paraziți în lacul de acumulare Cuciurgan [15]

A *– Diplostomum paracaudum, Metorchis bilis, Diplostomum spathaceum, Ichthyocotylurus pileatus, Paracoenogonimus ovatus;* ***B*** *– Echinochasmus perfoliatus, Opisthorchis felineus, Pseudoamphistomum truncatum;* ***C*** *– Streptocara crassicauda;* ***D*** *– Posthodiplostomum cuticola;* ***E*** *– Eustrongylides excisus;* ***F*** *– Phyllodistomum folium, Raphidascaris acus, Bucephalus polymorphus, Rhipidocotyle campanula;* ***G*** *– Myxobolus dispar, Pseudoechinorhynchus borealis, Acanthocephalus anguillae, Acanthocephalus lucii, Caryophyllaeus brachycollis, Caryophyllaeus laticeps, Khawia sinensis;* ***H*** *– Metorchis xanthosomus, Echinochasmus perfoliatus, Tylodelphys clavata, Paracoenogonimus ovatus*

Helminții sunt componenta principală a faunei parazitare a peștilor din lacul de acumulare. Printre viermii rotunzi, sunt răspândiți nematozii din genul *Eustrongylides*. Unul dintre factorii care contribuie la răspândirea lor și la nivelul înalt de infecție al peștilor este compoziția bogată a speciilor și numărul mare de gazde intermediare – oligochete. În plus față de eustrongilide, nematode precum *Streptocara crassicauda, Schulmanela petruschewskii,*

Contracaecum spiculigerum și *Raphidascaris acus* utilizează ca gazde intermediare organismele zoobentice.

Dintre viermii paraziți ai lacului de acumulare, trematodele se disting prin cea mai bogată compoziție a speciilor, pentru care moluștele ocupă un loc special în ciclurile lor de viață, inclusiv dreisena, care servește ca gazdă intermediară a *Bucephallus polymorphus*, *Phyllodistomum folium*, *Aspidogaster limacoides* parazit la pești și la păsări – *Echinoparyphium recurvatum*. Dintre moluștele bivalve, gazdele intermediare ale trematodelor sunt: la *Bunodera luciopercae – Sphaerium corneum* și *Pisidium amnicum*, iar la *Rhipidocotyle campanula* – unionide. Gazdele intermediare la trematode sunt gasteropode: *Lithoglyphus naticoides* în ciclurile de viață ale *Cryptocotyle concava, C. jejuna* și *Apophallus donicus*. *Bithynia tentaculata* este o verigă în ciclul de viață al *Metorchis bilis*, *M. xanthosomus*, *Opisthorchis felineus*, *Pseudoamphistomum truncatum* și *Stephanostomum bicoronatum*. *Fagotia acicularis* și *F. esperi* sunt implicate în ciclurile de dezvoltare ale *Metagonimus yokogawai* și *Mesostephanus appendiculatus*; *Vivivparus viviparus* la *Paracoenogonimus ovatus*; *Valvata sp*. – în *Ichthyocotylurus pileatus* [45]. Pentru majoritatea speciilor de trematode ale lacului de acumulare (*Echinochasmus perfoliatus, Tylodelphys clavata, Diplostomum spathaceum, D. paracaudum, Posthodiplostomum cuticola, Sanguinicola sp., Clinostomum complanatum*), limneidele servesc ca gazde intermediare.

Fauna cestodelor lacului de acumulare include în principal specii care se dezvoltă prin grupul copepodit al zooplanctonului, iar numai *Caryophyllaeus brachycollis, C. laticeps* și *Khawia sinensis* folosesc oligochete ca primă gazdă intermediară – *Tubifex* sp*., T. tubifex, Psammotycte* sp., *Limnodrillus* sp., *L. udekemianus.*

Acantocefalii care parazitează la pești sunt reprezentați de 4 specii: *Pomphorynchus laevis, Pseudoechinorhynchus borealis, Acanthocephalus anguillae* și *A. lucii,* ale căror stadii de dezvoltare larvare trec în gamaridele *Dikerogammarus haemobaphes*, *D. villosus, Pontogammarus robustoides, P. crassus* precum și în *Asellus aquaticus* [45].

Din întreaga diversitate a faunei parazite din lacul de acumulare Cuciurgan, al cărei ciclu de dezvoltare are loc cu participarea organismelor zoobentice, cel mai mare număr de specii a fost observat pentru trematode – 61% și nematode – 18%, ceea ce se datorează, pe de o parte, diversității și numărului mare de gazde intermediare – moluște și oligochete, iar pe de altă parte, unei game largi de organisme zoobentice implicate în ciclurile de viață ale unei anumite specii de helminți. Zoobentosul îndeplineşte un rol important în dezvoltarea și răspândirea comunităților de paraziți în corpurile de apă.

4.3. Speciile invazive de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare ale Nistrului

În hidrobiologia mondială, problema invaziei antropice a speciilor de organisme străine în ecosistemele acvatice devine din ce în ce mai importantă. În Moldova, apariția speciilor străine de hidrobionți este direct sau indirect legată de activitățile antropice: hidroconstrucții, dezvoltarea acvaculturii, navigație [11, 20].

Apele de suprafață ale Republicii Moldova aparțin regiunilor salmastre palearctice și ponto-caspice, ale căror zone estuare dau un număr mare de imigranți din specii strâns înrudite și asemănătoare ecologic. Fauna bentonică invazivă a lacurilor de acumulare, pe lângă autohtonul ponto-caspic pentru lacul de acumulare Cuciurgan, este reprezentată de specii nord-americane și din Asia de Sud-Est (Tabelul 4.2). Ponderea speciilor ponto-caspice și invazive în zoobentosul lacului de acumulare Dubăsari este de 16%, Cuciurgan – 21,4%.

Tabelul 4.2. Speciile autohtone și invazive de macronevertebrate bentonice din lacurile de acumulare Dubăsari (LD) și Cuciurgan (LC)

№	Taxon	LD	LC	Căi de introducere *	Areal natural**	Momentul introducerii (invaziei)***
	Annelida: Polychaeta					
1	*Hypania invalida* (Grube, 1960)	+	+	R	PC	A
2	*Hypaniola Kowalewskyi* (Grimm, 1877)	-	+	R	PC	A
	Annelida: Oligochaeta					
3	*Branchiura sowerbyi* (Beddard, 1892)	+	+	C	ASE	L
	Mollusca: Bivalvia					
4	*Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897)	+	+	R	PC	L
5	*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)	+	+	R	PC	A
6	*Hypanis pontica* (Eichwald, 1838)	-	+	R	PC	A
7	*Hypanis colorata* (Eichwald, 1829)	-	+	R	PC	A
	Mollusca: Gastropoda					
8	*Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758)	+	+	R	PC	A
9	*Theodoxus transversalis* (Pfeiffer, 1828)	+	+	R	PC	A
10	*Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer 1828)	+	+	R	PC	A
11	*Physa acuta* (Draparnaud, 1805)	+	-	T	AN	L
12	*Physella integra* (Haldeman, 1841)	-	+	T	AN	L
13	*Caspia gmelini* (Clessin & Dybowski, 1887)	+	+	R	PC	A
14	*Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863)	-	+	T	AN	L
15	*Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843)	-	+	T	ASE	L
	Crustacea: Amphipoda: Corophiidae					
16	*Corophium curvispinum* (Sars,1895)	-	+	R	PC	H A
17	*Corophium maeoticum* (Sowinsky,1898)	-	+	R	PC	H A
	Crustacea: Amphipoda: Gammaridae					
18	*Dikerogammarus haemobaphes* (*Eichwald*, 1841)	+	+	R	PC	A
19	*Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894)	+	+	R	PC	A
20	*Pontogammarus robustoides* (Sars,1894)	+	+	R	PC	A
21	*Pontogammarus crassus* (Sars, 1894)	+	+	R	PC	A
22	*Pontogammarus obesus* (Sars, 1894)	+	-	R	PC	A
23	*Chaetogammarus tenellus* (Sars, 1914)	+	-	R	PC	A
24	*Chaetogammarus ischnus* (Stebbing, 1898)	-	+	R	PC	A
25	*Chaetogammarus warpachowskyi* (Sars, 1894)	-	+	R	PC	A
	Crustacea: Cumacea					
26	*Pterocuma pectinata* (Sowinsky, 1893)	+	+	R	PC	A
27	*Stenocuma cercaroides*(Sars, 1894)	+	+	R	PC	A
28	*Caspiocuma campylaspoides* (Sars,1897)	-	+	R	PC	H A
29	*Schizorhynchus scabriusculus* (Sars, 1894)	-	+	R	PC	A
	Crustacea: Mysida					
30	*Paramysis lacustris* (Czerniavsky,1882)	+	+	R	PC	H A
31	*Limnomysis benedeni* (Czerniavsky, 1882)	+	+	R	PC	H A
32	*Katamysis warpachowskyi* (Sars, 1893)	+	+	R	PC	H A
	Crustacea: Decapoda: Palaemonoidea					
33	*Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849)	-	+	C	ASE	L
	Crustacea: Decapoda: Panopeidae					
34	*Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841)	-	+	T	AN	L

Căi de introducere – T – introducere/invazie transoceanica, C - introducere/invazie continentală; R – introducere/invazie regională. Areal natural** – PC – ponto-caspian, AN – America de Nord, ASE – Asia de Sud-Est. Momentul introducerii *** – A – înainte de 1800, H – introducere istorică, după 1800, L – după 1980.*

În trecut, speciile invazive au fost introduse în mod deliberat în apele Moldovei pentru a îmbunătăți baza nutritivă și a crește productivitatea pescicolă. Acestea sunt specii de crustacee ponto-caspice precum *Corophium curvispinum*, *C. maeoticum*, *Gmelina pusilla*, *G. costata*, *Dikerogammarus haemobaphes*, *D. villosus*, *Pontogammarus robustoides*, *Pterocuma pectinata*, *Stenocuma cercaroides*, *Caspiocuma campylaspoides*, *Paramysis lacustris*, *Limnomysis benedeni*, *Katamysis warpachowskyi* [11].

Pentru îmbogățirea bazei furajere a lacului de acumulare Cuciurgan, în 1986 a fost introdus crevetele estic *Macrobrachium nipponense* De Haan, 1849 (Fig. 4.3).



Fig. 4.3. Creveta *Macrobrachium nipponense* din lacul de acumulare Cuciurgan



Fig. 4.4. *Rhithropanopeus harrisi* din lacul de acumulare Cuciurgan

Datorită condițiilor favorabile de habitat, rata de creștere a creveților din lacul de acumulare Cuciurgan s-a dovedit a fi mai mare decât în lacurile naturale din Asia de Sud-Est și lacul-refrigerent al CTE din Belarus Polesye, de unde a fost introdus. Greutatea maximă a masculilor la vârsta de 2,5 ani ajunge la 4,5-5,7 g cu o lungime a corpului de 9,6-10,5 cm, iar la femele – 6,6-8 g cu o lungime a corpului de 7,9-8,8 cm. În 2013, în Nistru, lângă orașul Tiraspol, am prins prima dată *M. nipponense*. La 27 de ani de la introducerea sa în lacul de acumulare Cuciurgan, a reușit nu doar să se aclimatizeze și să creeze o populație stabilă, dar și să se adapteze la temperaturi scăzute, ceea ce i-a făcut posibilă pătrunderea în Nistru, ajungând până la orașul Tiraspol, parcurgând o distanță de 70 km. Aceasta sugerează posibilitatea aclimatizării sale cu succes în lacul de acumulare Dubăsari.

Printre speciile invazive ale lacului de acumulare Cuciurgan, am remarcat pentru prima dată 2 specii noi care nu au fost înregistrate anterior în lacul refrigerent: în 2004 *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) și în 2016 crabul Nord-American *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) (Fig. 4.4) [24, 40].

D. bugensis a început să se stabilească în corpurile de apă dulce din Ucraina abia la mijlocul secolului al XX-lea. S-a mutat inițial în bazinul Nistrului prin secțiunea superioară, apoi a mers în aval. În prezent, a populat deja delta și estuarul Nistrului [12]. *D. bugensis* ar putea pătrunde în lacul de acumulare Cuciurgan sub formă de stadii larvare pelagice în timpul schimbului de apă cu râul Turunchuk.

Rhithropanopeus harrisi nu a fost înregistrat înainte în corpurile de apă ale Moldovei. Aria nativă a crabului este Golful St. Lawrence (Canada) și Golful Mexic. Odată cu dezvoltarea transportului maritim, de la sfârșitul anilor 1800 până în secolul al XX-lea, a invadat și continuă să se răspândească în apele salmastre, estuare, în coastele mărilor interioare, inclusiv pe teritoriul majorității Europei [40]. La începutul anilor 1930, crabul a intrat în Marea Neagră și în estuarele acesteia. Din estuarele mării, crabul a început să pătrundă în deltele Niprului, Bugului de Sud și Dunării. Cea mai probabilă modalitate prin

care crabul a pătruns în lacul de acumulare Cuciurgan ar putea fi derivarea acestuia în stadiul larvar cu stoc de pește *Liza haematocheilus* din estuarul Hadzhibey.

Regimul termic al lacului de acumulare Cuciurgan și gradul ridicat de mineralizare a acestuia se încadrează în limitele toleranței la crab, ceea ce a contribuit la includerea cu succes a acestuia în structura hidrobiocenozei lacului de acumulare. În prezent, abundența sa în lacul de acumulare este în creștere. Masa crabilor variază de la 0,1 la 4,4 g. Parametri morfometrici medii: lungimea corpului fără cleşte – 14,5 mm, lungimea cleştelor – 21,1 mm, înălțimea cleştelor – 7,5 mm, lățime cleştelor – 4,9 mm, lățime carapace – 17,6 mm, lungime abdomen – 31,0 mm, lățime abdomen – 8,8 mm. Parametrii morfometrici care îi depășesc pe cei ai crabilor din alte habitate, inclusiv domeniul lor nativ, indică condiții favorabile de viață pentru acesta în lacul de acumulare Cuchurgan. Această specie invazivă a intrat în structura hidrobiocenozei lacului de acumulare și a creat aici o populație stabilă.

4.4. Rolul zoobentosului în acumularea și migrația metalelor (pe exemplul hidrobionților bentonici ai lacului de acumulare Cuciurgan)

Problema poluării cu metale grele este importantă în menținerea durabilității ecosistemelor. Este deosebit de acută în lacul-refrigerent Cuciurgan, ca urmare a impactului CTEM. O creștere a concentrațiilor de metal în sedimentele de fund și în apă a dus la acumularea acestora în țesuturile plantelor acvatice superioare ale lacului de acumulare, nevertebratelor și hidrobionților vertebrate [30]. Organismele zoobentosului ocupă un rol deosebit în migrarea elementelor chimice în apele de suprafață. Utilizarea lor ca organisme indicatori care acumulează elemente chimice este cea mai prioritară, deoarece sunt veriga finală sau intermediară a lanțurilor trofice și au un ciclu de viață lung. Pentru a studia dinamica acumulării metalelor (vanadiu, molibden, plumb, nichel, cupru și zinc) de către nevertebratele bentonice, am studiat Chyronomidae, Mysidae, *Dreissena polymorpha*, *Lithoglyphus naticoides* și *Viviparus viviparus*. Un rol deosebit în migrarea metalelor le revine moluștelor filtrante, printre care trebuie remarcată dreisena.

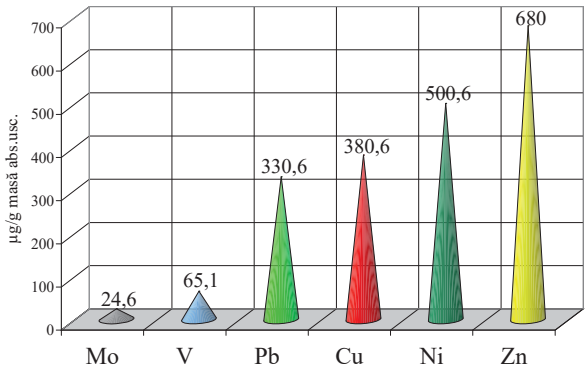


Fig. 4.5. Concentrațiile maxime de metale (µg/g masă abs.usc.) în chironomide

Un conținut înalt de metale în organele și țesuturile chironomidelor a fost observat pentru plumb (330,6), cupru (380,6), nichel (500,6) și zinc (680 µg/g masă abs.usc.). Astfel de concentrații sunt tipice pentru corpurile de apă murdară. Concentrațiile maxime de metale din chironomide sunt comparabile cu concentrațiile lor maxime din nămoluri, biotopul chironomidelor. Coeficientul de acumulare biologică de plumb pentru chironomidele lacului de acumulare Cuciurgan variază în intervalul 10^4-10^7, cuprul 10^5-10^6 iar nichel și zinc 10^5-10^7. Abilitatea chironomidelor de a acumula concentrații ridicate de metale în organe și țesuturi contribuie la transferul continuu al metalelor de-a lungul lanțului trofic către organele și țesuturile peștilor.

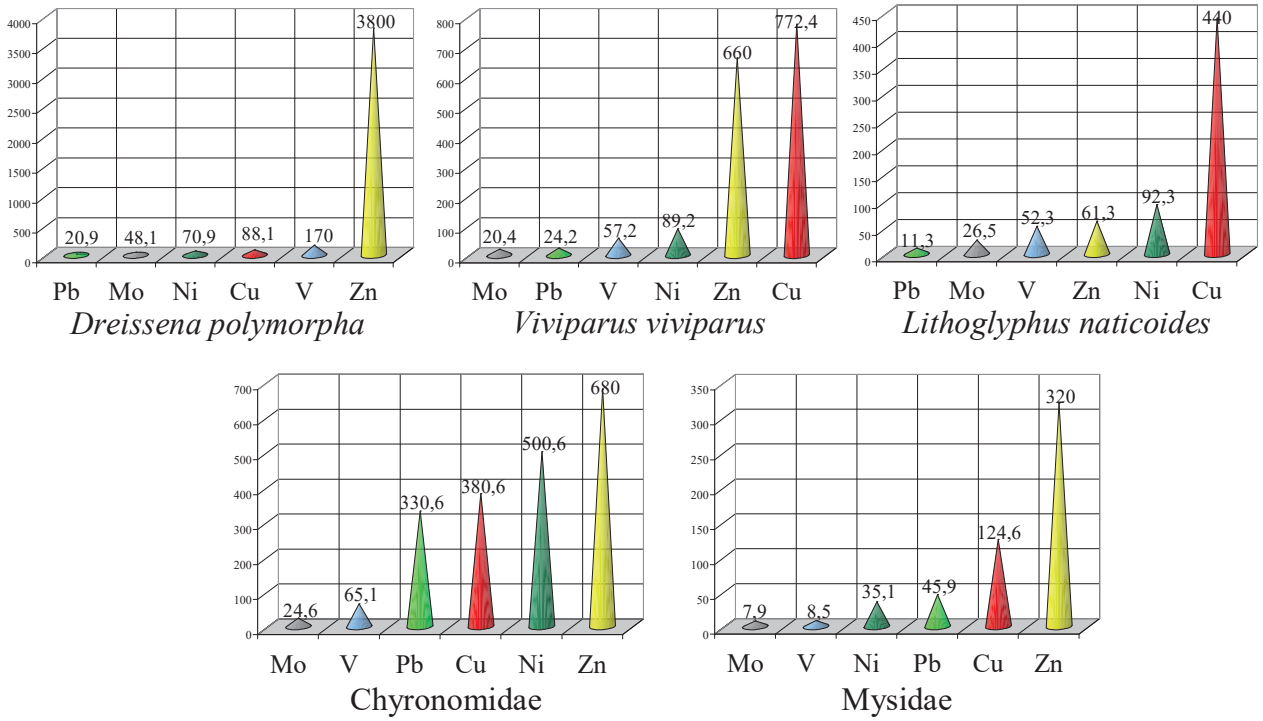


Fig. 4.6. Concentrații maxime de metale (µg/g masă abs.usc.) în organismele zoobentosului din lacul de acumulare Cuciurgan

Figura 4.6 arată capacitatea de a maximiza acumularea de metale de către organismele zoobentosului lacului de acumulare Cuciurgan. Dintre organismele studiate, cea mai acumulată capacitate în raport cu vanadiul, molibdenul și zincul o are dreisena, la cuprul – viviparul comun și la plumb și nichel – chironomide.

Mizidele au capacitatea minimă de stocare pentru majoritatea metalelor [26]. Nevertebratele bentonice studiate reflectă destul de clar dinamica acumulării de metale în ecosistemul lacului de acumulare Cuciurgan și pot acționa ca organisme indicatori în monitorizarea biologică a acumulării de metale în apele de suprafață.

4.5. Utilizarea zoobentosului în monitorizarea biologică a lacurilor de acumulare, abordări metodologice pentru evaluarea stării ecologice a corpurilor de apă

În prezent, se utilizează o gamă largă de metode de evaluare a stării ecologice a apelor de suprafață din punct de vedere al indicatorilor biologici. Studiile asupra faunei bentonice din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan au permis identificarea unor metode optime pentru evaluarea și monitorizarea stării ecologice a acestor lacuri: starea zoobentosului în diferite perioade de funcționare a lacurilor CHE, CTE; Indicii C&HI, G&WI, C&BI, L&SI, P&B, BMWP și ASPT. În ceea ce privește lacul de acumulare Cuciurgan, evoluția zoobentosului pe parcursul perioadelor este evaluată în funcție de nivelul de influență termică al CTEM asupra ecosistemului lacului refrigerent.

Starea macrozoobentosului lacului de acumulare Cuciurgan în diferite perioade de funcționare. Dezvoltarea faunei bentonice a fost strâns legată de nivelul impactului antropic asupra ecosistemului lacului refrigerent, în principal cu modificări ale termoficării acestuia, care a fost direct proporțională cu modificările altor factori abiotici, cum ar fi mineralizarea și conținutul de substanțe organice și biogene [14].

Perioada regimului termic natural al lacului de acumulare (1964-1965) a fost caracterizată printr-o diversitate stabilă a speciilor, care a cuprins aproximativ 200 de specii de

hidrobionți bentonici, o parte semnificativă din care reprezentau complexul faunistic ponto-caspic. Efectivul și biomasa zoobentosului „moale” în diferite perioade de funcționare a CTEM sunt prezentate în fig. 4.7, 4.8. Creșterea treptată a capacității CTEM și a volumului de energie electrică generată a dus la modificări structurale și cantitative ale faunei bentonice.

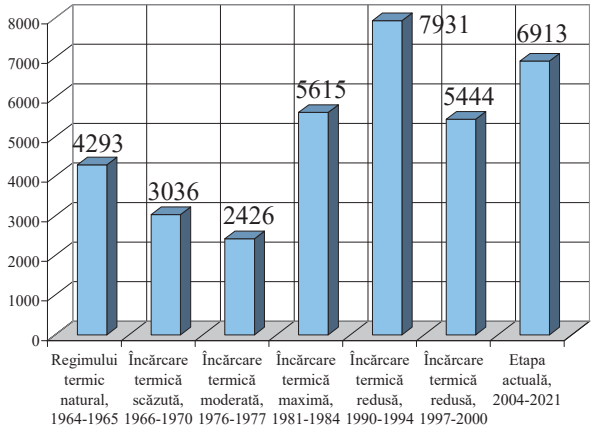


Fig. 4.7. Dinamica populației (ex./m^2) zoobentosului „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan în diferite perioade de încărcare termică

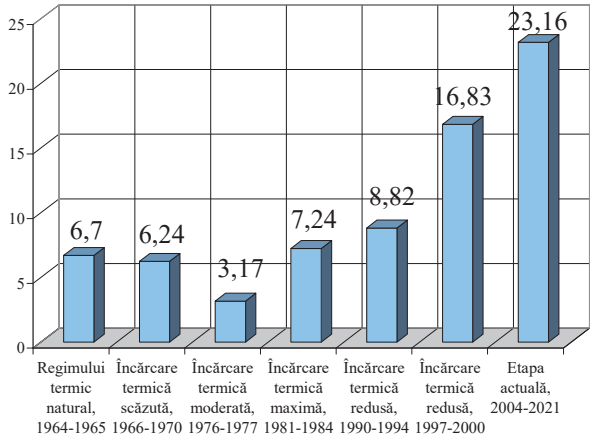


Fig. 4.8. Dinamica biomasei (g./m^2) zoobentosului „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan în diferite perioade de încărcare termică

Perioada de încărcare termică scăzută asupra lacului de acumulare refrigerent (1966-1970) a fost însoțită de o reacție nesemnificativă a hidrobionților la modificările regimului termic. Aceasta s-a manifestat în principal în secțiunea inferioară, cea mai încălzită a lacului de acumulare. În această perioadă au fost observate 190 de specii de zoobentos, dintre care 16% au fost specii ponto-caspice [14]. Asupra stării generale a faunei bentonice, încălzirea slabă nu a avut un impact semnificativ, cu excepția anumitor grupuri de organisme acvatice, efectivul zoobentosului a scăzut ușor. Oligochetele și chironomidele și-au redus oarecum indicatorii de producție, moluștele și crustaceele superioare dintre speciile euriterme au reacționat la o ușoară creștere a temperaturii apei prin creșterea abundenței și a biomasei populațiilor lor. (Fig. 4.9, 4.10).

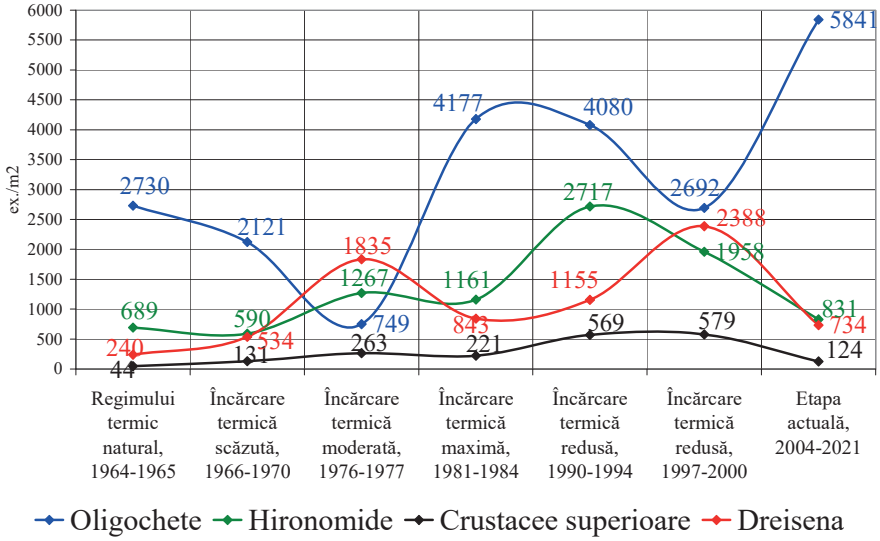


Fig. 4.9. Dinamica ponderii (ex./m^2) principalelor grupuri de zoobentos „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan în diferite perioade de încărcare termică

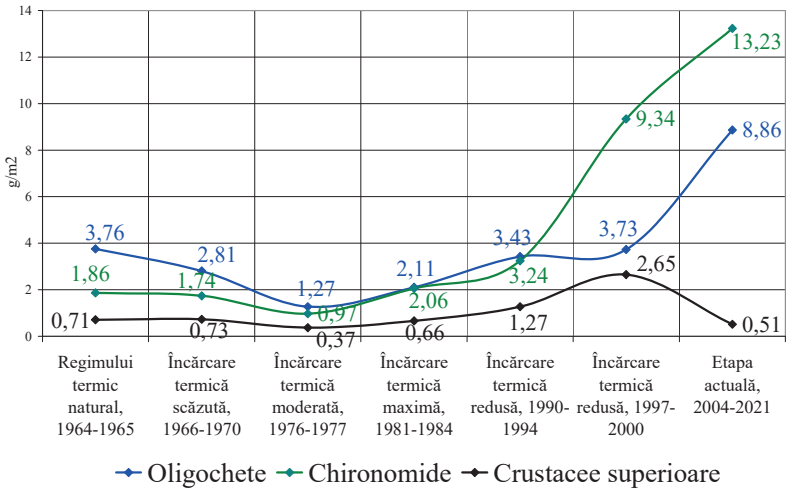


Fig. 4.10. Dinamica biomasei (g/m^2) principalelor grupuri de zoobentos „moale” din lacul de acumulare Cuciurgan în diferite perioade de încărcare termică

Termoficarea moderată a lacului de acumulare (1976-1977) a dus la reducerea numărului speciilor de zoobentos iubitoare de apă rece, dar, în același timp, a contribuit la dezvoltarea speciilor euriterme, în principal din chironomide (*Chironomus plumosus, Leptochironomus tener, Polypedilum bicrenatum*, etc.), crustacee superioare (*Dikerogammarus haemobaphes, Corophium maeoticum, Pterocuma pectinata* etc.) și moluște, în special populația de dreisenă.

În 1981-1984 termoficarea lacului de acumulare a atins nivelul maxim pe toată perioada de funcționare a termocentralei. Drept urmare, specii cu o capacitate de adaptare redusă la schimbarea condițiilor habitatului, în principal insectele amfibiotice, au dispărut din fauna bentonică. Numărul speciilor de zoobentos a scăzut la 158 [14]. Creșterea abundenței populațiilor speciilor eurobionte, în principal din rândul oligocheților, a continuat. Alte grupuri de zoobentos, în special moluștele, și-au redus abundența.

Reducerea nivelului încărcăturii antropice în 1990-1994 a contribuit la creșterea indicatorilor cantitativi ai dezvoltării zoobentosului. Chironomidele, crustaceele superioare și moluștele și-au crescut efectivul de 1,5-2 ori (Fig. 4.9). Densitatea oligochetelor a scăzut oarecum, dar biomasa lor a crescut (Fig. 4.10). În această etapă, ca urmare a scăderii termoficării lacului de acumulare, numărul speciilor a crescut la 190.

Tendințele de dezvoltare a zoobentosului la nivelul scăderii volumului de energie electrică produsă de CTEM și-au găsit dezvoltarea în perioada 1997-2000. A continuat scăderea densității oligochetelor care s-au apropiat de perioada regimului termic natural al lacului de acumulare. Astfel, o scădere a termoficării lacului refrigerent a contribuit la dezvoltarea populațiilor de hidrobionți care se aflau anterior într-o stare depresivă, la o creștere a densității populației speciilor euritermale și la reducerea populațiilor de specii termofile.

În stadiul actual al unui nivel redus al impactului antropic asupra lacului de acumulare, condițiile de habitat ale hidrofaunei acestuia au dobândit un nou caracter calitativ, în mare parte datorită condițiilor hidrochimice predominante în lacul refrigerent: un conținut crescut de cloruri (492,3 mg/l) și sulfați (1068,6 mg/l), precum și mineralizare ridicată (2367 mg/l) [34]. Etapa actuală de funcționare a ecosistemului lacului de acumulare este caracterizată, pe de o parte, de o scădere a abundenței principalelor grupe de zoobentos „moale”, cu excepția oligochetelor, care au crescut efectivul populațiilor lor (Fig. 4.9), iar pe de altă parte, de o creștere semnificativă a biomasei atât a oligochetelor, cât și a chironomidelor (Fig. 4.10).

Efectivul și biomasa dreisenei pe solurile zonei de apă deschisă a lacului de acumulare au scăzut aproape la nivelul unui impact termic slab.

Dinamica dezvoltării cantitative a zoobentosului „moale" al lacului de acumulare refrigerent în diferite perioade de funcționare a CTEM a fost însoțită de o restructurare a compoziției speciilor zoobentosului cu pierderea formelor stenobionte, de o scădere a abundenței și biomasei bentosului cu creșterea nivelului de termoficare a lacului de acumulare. În perioada de termoficare maximă (1981-1984), următoarea etapă a transformărilor structurale ale faunei bentonice a fost finalizată, formele euribionte, inclusiv formele termofile ale zoobentosului, ocupând o poziție dominantă. Aceste tendințe au continuat în perioadele ulterioare de funcționare a CTEM pe fondul scăderii nivelului de influență termică a lacului de acumulare Cuciurgan.

În perioada de încărcare termică redusă a lacului de acumulare refrigerent (1990-1994), a continuat creșterea abundenței zoobentosului „moale", după care în 1997-2000 s-a înregistrat o scădere la nivelul perioadei de impact termic maxim. În stadiul actual, datorită creșterii ponderii oligochetelor, se constată o ușoară creștere a ponderii zoobentosului „moale". Dacă modificarea ponderii zoobentosului a fost fluctuantă, atunci în raport cu biomasa, poate fi urmărită dinamica creșterii sale progresive din perioada de influență termică maximă până în prezent (Fig. 4.10). Creșterea biomasei zoobentosului „moale" a avut loc în paralel cu creșterea mineralizării lacului de acumulare Cuciurgan. Tendințe similare în creșterea biomasei bentosului datorită modificărilor factorilor abiotici, în special din cauza salinității apei, sunt observate și în alte corpuri de apă [2].

Indicele Carr și Hiltonen (C&HI). Unul dintre principalele grupuri de faună bentonică din lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari, care determină abundența și biomasa, sunt oligochetele. Valoarea indicelui C&HI este direct proporțională cu nivelul de eutrofizare a corpurilor de apă. Tabelul 4.3 prezintă dinamica indicilor bioindicativi ai calității apei din lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari pentru perioada 2011-2021. Cu fluctuațiile indicelui C&HI pentru lacul de acumulare Cuciurgan de la 1729 la 5167 și de la 1683 la 3690 pentru lacul de acumulare Dubăsari, valoarea sa medie pentru lacul refrigerent al CTEM a fost 3051 și 2566 pentru lacul de acumulare Dubăsari, care corespunde gradului mediu de poluare.

Tabelul 4.3. Indicii bioindicativi ai calității apei lacurilor de acumulare Cuciurgan (LC) și Dubăsari (LD) (2011-2021)

Anul	Indicele Carr și Hiltonen (C&HI)		Indicele Goodnight și Whitley (G&WI)		Indicele King și Ball (C&BI)		Indicele Landbeck și Sizer (L&SI).	
	LC	LD	LC	LD	LC	LD	LC	LD
2011	3394	3372	79,1	67,3	3,24	1,50	0,31	0,71
2012	5167	2584	68,0	66,4	2,08	0,95	0,48	1,07
2013	3388	2334	63,3	71,4	4,83	0,94	0,21	1,06
2014	1779	2055	65,7	67,8	6,91	1,39	0,14	0,72
2015	1729	1683	46,8	70,9	3,20	0,89	0,33	1,13
2016	2240	2550	54,1	64,6	3,88	1,24	0,30	0,87
2017	2379	2193	54,3	62,3	3,25	3,59	0,31	0,31
2018	3887	2370	74,2	61,2	3,05	6,02	0,33	0,17
2019	3874	2023	65,8	59,7	4,21	6,47	0,24	0,18
2020	3404	3373	65,8	74,3	2,85	3,18	0,35	0,32
2021	2323	3690	60,2	73,3	3,92	2,74	0,26	0,37
medie	**3051**	**2566**	**63,4**	**67,2**	**3,76**	**2,63**	**0,29**	**0,63**

Indicele C&HI reflectă în mod obiectiv starea ecologică a lacurilor de acumulare și indică faptul că lacul de acumulare Cuciurgan, din cauza lipsei sale de debit, este supus unui nivel mai înalt de eutrofizare în comparație cu lacul de acumulare Dubăsari.

Indicele Goodnight și Whitley (G&WI). Valoarea indicelui G&WI pentru lacul de acumulare Cuciurgan este de 63,4 și 67,2 pentru lacul de acumulare Dubăsari (Tabelul 4.3), din care rezultă următorul lucru: calitatea apei din lacul de acumulare Dubăsari este mai slabă decât cea a lacului de acumulare Cuciurgan. Acest lucru nu poate fi adevărat, așa cum indică evaluarea calității apei din lacul de acumulare Cuciurgan conform indicelui hidrochimic de poluare a apei (IPA), a cărui valoare medie între anii 2017-2021 s-a ridicat la 5,42 cu utilizarea CMA-urilor pentru poluanții apelor de suprafață de clasa I, ceea ce corespunde calității apelor „murdare"; 3,48 ape de suprafață clasa II și 2,36 ape de suprafață clasa III („poluate"). Nu este posibil să se calculeze IPA pentru lacul de acumulare Dubăsari, deoarece conform unor indicatori hidrochimici similari studiați (mineralizare, sulfați, cloruri etc.), calitatea apei sale este satisfăcătoare.

Ținând cont de evaluarea calității apei conform IPA, precum și de faptul că în calculul indicelui G&WI se ia în considerare întregul bentos, inclusiv moluștele, care sunt reprezentate în principal de dreisenă, care preferă terenul dur și are o distribuție mozaică, ne propunem să luăm în considerare abundența zoobentosului „moale". Pentru a evalua starea ecologică a lacurilor în conformitate cu indicele G&WI, calculată separat pentru zoobentos general și "moale" folosind gradațiile existente ale calității apei, este compilat tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Evaluarea calității apei în lacurile de acumulare Cuciurgan (LC) și Dubăsari (LD) conform indicelui Goodnight și Whitley (G&WI)

Lac de acumulare		Indicele G&WI	pe o scară de 6 puncte		După Caftannicova și Martînova	După Goodnight și Whitley
			Clasa calității apei	Calitatea apei		
LC	pentru zoobentos general	63,4	IV	nu prea bună	β-α-mezosaprobă	calitate îndoielnică
	pentru zoobentos "moale"	77,5	V	rea	α- mezosaprobă	calitate îndoielnică
LD	pentru zoobentos general	67,2	V	rea	β-α- mezosaprobă	calitate îndoielnică
	pentru zoobentos "moale"	69,9	V	rea	β-α- mezosaprobă	calitate îndoielnică

Calitatea apei calculată conform indicelui G&WI pentru lacul de acumulare Cuciurgan corespunde unui lac α-mezosaprobic, iar pentru lacul de acumulare Dubăsari – unui lac β-α-mezosaprobic.

Indicele King și Ball (C&BI). Indicele este indicativ pentru corpurile de apă cu poluare organică. Valoarea medie a indicelui pentru lacul de acumulare Cuciurgan a fost de 3,76, iar pentru lacul de acumulare Dubăsari 2,63 (Tabelul 4.3), indicând că lacul de acumulare Dubăsari este mai susceptibil la poluare organică decât lacul Cuciurgan. Acest lucru nu este pe deplin adevărat, deoarece: a) efemerele și tricopterele sunt mult mai frecvente în zoobentosul lacului de acumulare Dubăsari decât în lacul de acumulare Cuciurgan; b) valoarea scăzută a C&BI pentru lacul de acumulare Dubăsari în 2011 se datorează biomasei mari de oligochete, ale cărei valori au fost de 2-3 ori mai mari decât în anii următori; c) valoarea CBO pentru lacul de acumulare Dubăsari este de 1,66 mg O_2/l față de 3,21 mg O_2/l pentru lacul de acumulare Cuciurgan.

Dinamica modificării indicelui C&BI al celor două lacuri de acumulare demonstrează amplitudinea sa mai mare pentru lacul de acumulare Dubăsari cu o abatere mai mare de la

valoarea medie (±2,02) decât pentru Cuciurgan (±1,27). Stabilitatea relativă a stării ecologice a lacului de acumulare Cuciurgan se datorează constanței relative a caracterului său hidrologic și hidrochimic.

Dezvoltarea zoobentosului lacurilor de acumulare Cuciurgan și Dubăsari se caracterizează în prezent printr-o biomasă mare de chironomide, în special *Chironomus plumosus*. Deoarece această specie aparține formelor alfa și polisaprobice, creșterea densității populațiilor sale este puțin asociată cu o scădere a gradului de eutrofizare a corpurilor de apă, care, la rândul său, afectează puternic valoarea indicelui C&BI.

Astfel, utilizarea indicelui C&BI pentru a evalua starea ecologică este posibilă separat pentru fiecare lac de acumulare, fără a compara corpurile de apă cu diferite condiții hidrologice. Aplicarea acestui indice separat pentru fiecare lac de acumulare trebuie efectuată pe o anumită perioadă de timp, ceea ce face posibilă urmărirea dinamicii modificării acestuia. Acest indice ar trebui utilizat împreună cu alți indici biotici.

Indicele Landbeck și Sizer (L&SI). Aplicarea indicelui pentru lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari este posibilă în paralel cu utilizarea indicelui C&BI,dar ținând cont de diferențele hidrologice ale lacurilor de acumulare, nu este recomandabil să se folosească ca unul comparativ pentru cele două lacuri. Dinamica indicelui L&SI pentru lacuri demonstrează abaterea sa mai mică în Cuciurgan (±0,08) în comparaţie cu Dubăsari (±0,37). Este posibil să se utilizeze C&BI și L&SI în studii ulterioare care vizează evaluarea stării ecologice a celor două lacuri, în special în condițiile de funcționare instabilă a CTEM și regimul hidrologic al lacului de acumulare Dubăsari, ceea ce actualmente va face posibilă identificarea modelelor în dezvoltarea acestor indicatori de bioindicație.

Indicele Pantle și Buck (P&B). Valoarea indicelui P&B variază în lacul de acumulare Cuciurgan de la 2,42 la 3,41 și de la 1,54 la 2,61 în lacul de acumulare Dubăsari, ceea ce le permite să fie atribuite ecosistemelor acvatice β-α-mezoaprobice.

Indicii BMWP (Biological Monitoring Working Party) și ASPT (Average Score per Taxon). Indicii calculați pentru lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari (Tabelul 4.5) evaluează calitatea apei din lacul de acumulare Cuciurgan ca fiind „bună"; Dubăsari – ca „foarte bună" conform indicelui BMWP și „excelent" conform indicelui ASPT. Un indice BMWP mai mare pentru lacul de acumulare Dubăsari a fost oferit de efemeroptere și tricoptere, a căror diversitate este mai mare aici decât în Cuciurgan.

Aprobarea indicilor BMWP și ASPT pentru lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari a relevat deficiențele acestora. În cadrul evaluării calității apei, se iau în considerare diferite organisme, cum ar fi polichetele, mizidele, cumaceele, precum și diverse familii de insecte amfibiotice, cum ar fi Palingeniidae, Ecnomidae, Ceratopogonidae, precum și moluștele din familii precum Bithyniidae, Melanopsidae, Lithoglyphidae, Dreissenidae, Cardiidae, și speciile invazive, cum ar fi *Ferrissia fragilis*, *Potamopyrgus antipodarum* și *Macrobrachium nipponense*. Aceste organisme sunt utilizate pentru a evalua starea și calitatea apei în ecosistemul respectiv.

Tabelul 4.5. Valorile indicilor BMWP și ASPT și calitatea apei din lacurile de acumulare Cuciurgan și Dubăsari

Lacul de acumulare	Indicele BMWP		Indicele ASPT		
	puncte	calitatea apei	puncte	evaluare	calitatea apei
Cuciurgan	88	bună	4,4	5	bună
Dubăsari	138	foarte bună	5,3	7	excelentă

Astfel, pentru lacurile de acumulare din bazinul Nistrului, indicii BMWP și ASPT supraestimează oarecum calitatea apei. Cu toate acestea, având în vedere că sunt recomandați ca bioindicatori în Moldova, aceștia pot fi utilizați în studii de monitorizare pe termen lung, demonstrând dinamica schimbării lor în timp.

O problemă comună în aplicarea metodelor de bioindicație este lipsa unui fel de universalitate care să permită folosirea unora și acelorași indicatori numerici ai indicilor în corpuri de apă diferite din zone geografice diferite. Prin urmare, mulți indici, după ce și-au dovedit valoarea, trebuie adaptați la diferite ecosisteme acvatice.

4.6. Potențialul adaptativ al zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul Nistrului

Potențialul de adaptare al organismelor acvatice este exprimat în gradul capacităților lor de adaptare la condițiile de mediu în schimbare. Speciile cu potențial de adaptare înalt, capabile să supraviețuiască într-o gamă largă de schimbări ale condițiilor de viață, sunt plastice ecologic. Stenobionți, specii ecologic non-plastice, care sunt foarte specializate la condițiile de mediu și se adaptează slab chiar și la schimbări minore, au un potențial de adaptare scăzut. Sub influența diverșilor factori, zoobentosul își arată potențialul de adaptare prin transformarea compoziției speciilor, pe de o parte, și modificarea caracteristicilor cantitative ale populațiilor sale, pe de altă parte. Speciile invazive au un potențial de adaptare semnificativ, care se exprimă prin capacitatea lor înaltă de a se răspândi și de aşi crește efectivul în multe ecosisteme acvatice.

Potențialul de adaptare al crustaceelor superioare din lacul de acumulare Cuciurgan

În lacul refrigerent Cuciurgan, unul dintre cei mai importanți factori care determină starea populațiilor crustaceelor superioare este temperatura. S-a stabilit că în zonele lacului de acumulare (canal de evacuare și zonă de evacuare a apei calde), unde temperatura apei nu scade sub 15-12°C pe tot parcursul anului, amfipodele, mizidele și cumaceele se înmulțesc continuu, indiferent de anotimp, adică aciclic, în timp ce în zona cu regim termic natural este ciclic [14]. Dintre nevertebratele bentonice ale lacului de acumulare, amfipodele sunt grupa cea mai euritermă, după cum reiese din datele cantitative privind zoobentosul lacului de acumulare și canalului de apă uzată caldă al CTEM (Tabelul 4.6). În condițiile unor temperaturi ridicate în canalul termic, amfipodele s-au dovedit a fi singurul grup de faună bentonică, care, în comparație cu lacul de acumulare, și-a crescut abundența (38,5% din totalul zoobentos) și biomasa (66,5% din zoobentosul „moale").

Tabelul 4.6. Valorile medii sezoniere ale efectivului (ex./m^2) și biomasei (g/m^2) macrozoobentosului lacului de acumulare Cuciurgan și canalului cald al CTEM

Grupe de zoobentos	lacul de acumulare Cuciurgan		canalul cald	
	efectivul	biomasa	efectivul	biomasa
Oligochete	3196	5,44	1427	2,54
Polichete	178	0,90	0	0
Chironomide	2262	1,79	953	1,40
Amfipode	761	5,94	1840	9,55
Alte grupe	64	0,05	380	0,87
Bentosul "moale"	6626	14,26	4600	14,36
Moluștele	4056	785,29	181	25,38

Efectivul crustaceelor superioare a înregistrat variații semnificative în diferite perioade de expunere la impact termic asupra lacului refrigerent, aceste variații fiind influențate de modificările survenite în principalii factori abiotici. Pe baza metodei celor mai mici pătrate cu

ortogonalizarea preliminară a factorilor (MPMOP), am obținut un model matematic al dependenței abundenței crustaceelor superioare de principalii factori abiotici. S-a stabilit o dependență exprimată matematic a ponderei crustaceelor ($\hat{Y}$) de doi factori slab corelați – temperatura (X_1) și conținutul de materie organică (X_5): $\hat{Y}=30,062\ X_1 + 23,708\ X_5 - 927,3$. Verificarea modelului a confirmat pe deplin conformitatea acestuia cu datele experimentale (Fig. 4.11).

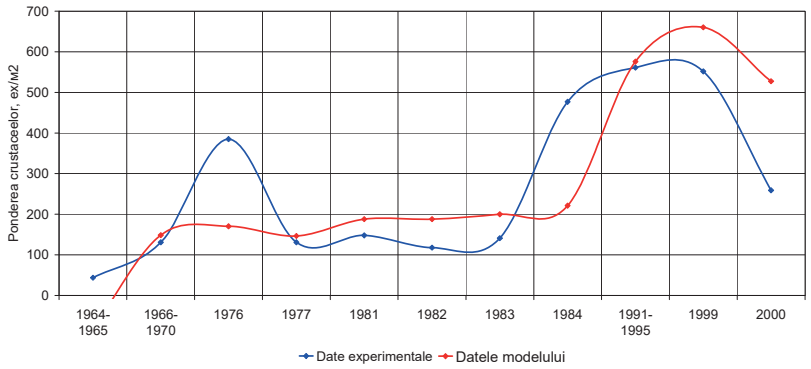


Fig. 4.11. Corelarea modelului cu datele experimentale

Astfel, s-a stabilit că dintre factorii abiotici ai lacului de acumulare Cuciurgan, efectivul crustaceelor superioare este mai afectat de temperatură și de conținutul de substanțe organice, care, în primul rând, determină potențialul de adaptare al acestui grup de zoobentos.

Studiile asupra caracteristicilor cantitative ale crustaceelor superioare, ca indicator al potențialului de adaptare al acestui grup de bentos la diferite niveluri de termoficare a lacului de acumulare refrigerent, au arătat următoarele: în primele etape ale formării lacului de acumulare refrigerent, crustaceele superioare au fost caracterizate printr-o densitate scăzută a populațiilor lor; creșterea treptată a capacității centralei termice și intensificarea termoficării lacului de acumulare au stimulat creșterea ponderei crustaceelor superioare; scăderea nivelului de termoficare în perioada ulterioară a fost însoțită de o creștere continuă a abundenței și a biomasei tuturor grupelor de crustacee superioare; regimul de temperatură al lacului de acumulare (temperatura medie anuală 15,3°C) s-a dovedit a fi cel mai favorabil pentru dezvoltarea populațiilor acestora. Între 1990-2000 volumele de energie electrică generate de CTEM s-au dovedit a fi la nivelul începutului anilor 1970. În același timp, efectivul și biomasa zoobentosului a crescut de 2,5-3 ori, iar crustaceele mai mult de 4 ori la pondere și de 2 ori la biomasă. În perioada ulterioară de încărcare termică redusă a lacului de acumulare, crustaceele superioare, în special cumacee și mizide, și-au redus efectivul. Acest lucru a confirmat prognoza noastră anterioară [14] potrivit căreia, în condițiile termoficării reduse a lacului de acumulare Cuciurgan, crustaceele vor reduce efectivul și biomasa populațiilor lor. În cazul unei creșteri a volumului de energie electrică generată de CTEM, crustaceele superioare își realizează potențialul de adaptare prin creșterea indicatorilor cantitativi ai populațiilor lor.

Potențialul de adaptare al zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari s-a manifestat în transformarea compoziției taxonomice și a caracteristicilor cantitative din momentul formării lacului de acumulare până în prezent. În primii ani de formare a lacului de acumulare, modificările structurale ale faunei sale bentonice au fost însoțite de o scădere a abundenței (*Theodoxus danubialis, Th. fluviatilis, Fagotia acicularis, F. esperi, Lithoglyphus naticoides, Limnodrilus newaensis, Jaera sarsi*, *Tanytarsus exiguous*, *Hydropsyche ornatula* etc.) și eliminarea (*Cryptochironomus rolli*, *Cr. zabolotzkii*, *Corophium curvispinum*, *C. chelicorne*) speciilor lito- și psammoreofile. Înainte de construcția CHE Dubăsari, în această secțiune a Nistrului au fost găsite 190 de specii de zoobentos; în primii ani după formarea lacului de

acumulare, numărul speciilor a scăzut la 75 (Fig. 4.12) [36, 38]. În următorii câțiva ani, condițiile hidroecologice ale lacului de acumulare s-au stabilizat, ceea ce, împreună cu lucrările de introducere a 3 specii de mizide și a unei specii de cumați, a contribuit la creșterea compoziției taxonomice a faunei bentonice la 117 specii, dintre care majoritatea au format o biocenoză peloreofilă. Stabilizarea regimului hidrologic al lacului de acumulare, pe lângă creșterea numărului de specii, a dus la creșterea abundenței și a biomasei bentosului.

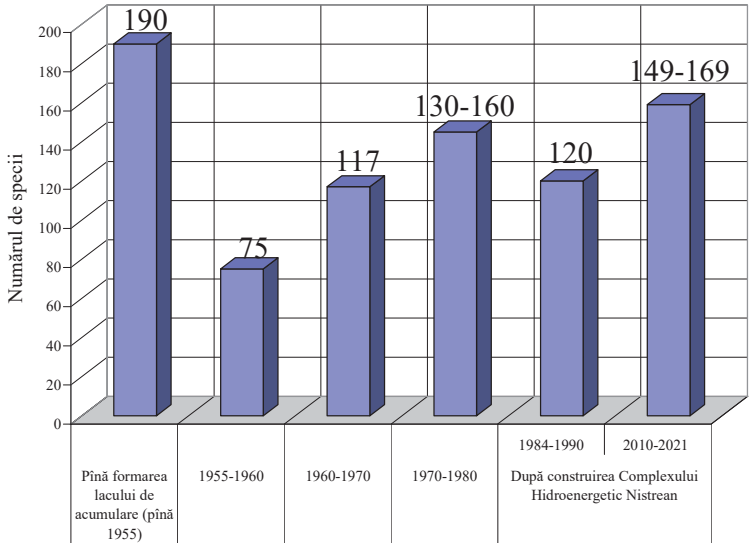


Fig. 4.12. Modificările calitative (numărul de specii) în fauna bentonică a lacului de acumulare Dubăsari, 1955-2021

La 20 de ani de la formarea lacului de acumulare, transformările comunităților bentonice nu s-au oprit. Colmatarea treptată, precum și poluarea, au dus la pierderea unei părți din formele psamo- și oxifile din compoziția bentosului, în timp ce numărul total de specii a crescut la 130 cu o predominanță de 25, în principal pelofile. Cea mai mare diversitate de specii a fost caracteristică complexului oligochet-chironomid (85 de specii cu predominanță *Limnodrilus claparedeanus, L. udekemianus, L. hoffmeisteri, Potamothrix hammoniensis, Psammoryctes barbatus, Polypedilum breviantenatum, P. scalaenum*, *Cryptochironomus monstrosus, Cr. defectus*, *Chironomus plumosus*), crustacee superioare (12 specii) și moluște (18 specii). Au fost observate mai multe specii oxifile noi, inclusiv *Cricotopus dizonias* și *Chaetocladius piger*. Efectivul total a bentosului a crescut la peste 18000 ex./m^2, iar biomasa bentosului „moale" a fost, de asemenea, la un nivel înalt (40 g/m^2) [36, 38].

După construirea și punerea în funcțiune a CHEN, condițiile hidroecologice din lacul de acumulare Dubăsari s-au înrăutățit. Transformarea faunei bentonice a lacului de acumulare a continuat cu dominarea complexului oligochet-chironomid și a moluștelor. Numărul speciilor a scăzut la 120, în timp ce au devenit mai pelofile cu predominanța hidrobionților rezistenți la poluarea organică, inclusiv oligochetele *Limnodrilus hoffmeisteri, L. claparedeanus, Tubifex tubifex, Potamothrix hammoniensis* și altele. Astfel de nevertebrate sensibile la poluare precum *Oligoneuriella rhenana*, *Palingenia longicauda, Polymitarsis virgo*, *Hydropsyche ornatula* au dispărut practic. Au devenit rare *Hypania invalida*, *Pristina bilobata*, *Prodiamesa olivacea*, *Coryoneura celeripes*, *Cryptochironomus vulneratus*, *Oecetis lacustris, Orthotrichia costalis*, *Theodoxus transversalis* [36, 38].

Numărul total de specii a crescut la 169, pe de o parte, datorită identificării unor specii neînregistrate anterior (*Coryoneura celeripes*, *Cryptochironomus vulneratus*, *Orthotrichia costalis, Ephemera lineate* etc.), precum și a unor noi specii invazive (*Branchiura sowerbyi*,

Dreissena bugensis, *Ferrisssia fragilis*). Poziția dominantă în zoobentos a fost ocupată de pelofili și, într-o măsură mai mică, de psamofili, numărul de reofile a scăzut și limnofilii au crescut.

În prezent, există o scădere semnificativă a biomasei zoobentosului „moale" al lacului de acumulare de la 40 la 13 g/m^2. Din zoobentosul „moale" din lacul de acumulare Dubăsari, oligohetele au cea mai mică valoare WDB (0,59), ceea ce caracterizează acest grup de organisme acvatice ca fiind cel mai euribiont, adaptat la condițiile de mediu în schimbare, având cel mai mare potențial de adaptare dintre toate componentele zoobentosului lacului de acumulare. Al doilea grup în funcție de gradul de potențial adaptativ îl reprezintă chironomidele, iar al treilea grup – crustaceele superioare. Mizidele au un potențial de adaptare înalt, ceea ce le-a permis, după introducerea lor în lacul de acumulare Dubăsari, să se adapteze cu succes la condițiile de habitat din lacul de acumulare și să creeze populații stabile.

În alte ecosisteme fluviale, sub influența hidroconstrucțiilor, se observă tendințe similare, manifestate prin modificarea compoziției speciilor bentosului cu predominanța oligochetelor și hironomidelor, creșterea ponderii dreissenidelor, scăderea abundenţei stenobionţilor și modificarea complexelor dominante ale reofilelor prin apariția speciilor limnofile și a celor invazive.

5. CONCEPTUL FORMĂRII ȘI FUNCȚIONĂRII ZOOBENTOSULUI LACURILOR DE ACUMULARE DIN BAZINUL FLUVIULLUI NISTRU SUB IMPACTUL FACTORILOR NATURALI ȘI ANTROPOGENI

Înainte de transformarea ecosistemelor acvatice din cele stabilite istoric și funcțional pe o perioadă lungă de timp în ecosisteme transformate antropic, biocenozele bentonice ale bazinului Nistru s-au dezvoltat în conformitate cu binecunoscutul concept de unitate și interacțiune cu componenta abiotică – condițiile de mediu. Ca urmare a transformării artificiale a ecosistemelor acvatice din bazinul Nistru, factorii abiotici de influență, inclusiv schimbările climatice, au fost completați cu cei antropici, care au devenit determinanți în formarea și funcționarea comunităților bentonice. Resursele de apă sunt extrem de expuse și vulnerabile la schimbările climatice. Schimbările climatice au agravat problema limnificării Nistrului. Colmatarea ulterioară a lacului de acumulare Dubăsari, împreună cu scimbarea climei, va crește încălzirea apei, va duce la o nouă modificare a parametrilor fizico-hidrochimici ai apei, ceea ce va afecta biocenozele bentonice și restructurarea lor structurală.

Ecosistemele acvatice sunt indicatori extrem de convenabil ai schimbărilor climatice. Spre deosebire de ecosistemele terestre, acestea rezumă și amplifică o mare varietate de informații din întregul bazin hidrografic. Mulți indicatori integrali ai stării ecosistemelor sunt mai ușor de măsurat în corpurile de apă decât în biocenozele terestre [1]. Lacul de acumulare Cuciurgan supus termoficării poate servi drept lac model pentru studierea impactului schimbărilor climatice asupra apelor de suprafață ale Moldovei. Tehno-ecosistemul lacului de acumulare refrigerent al CTEM se află sub un puternic impact antropic, care determină funcționarea hidrobiocenozei, inclusiv zoobentosul, sub influența unui complex de factori naturali și antropici.

Ecosistemul lacului de acumulare Dubăsari este, de asemenea, sub influența unei combinații de factori naturali și antropici. Deoarece este diferit de Cuciurgan în ceea ce privește caracteristicile hidrologice, natura impactului schimbărilor climatice va fi diferită. În lacul de acumulare Dubăsari, schimbările climatice se vor manifesta, pe de o parte, printr-o reducere a scurgerii, iar pe de altă parte, denivelările acestuia cu fluctuații bruște; creșterea temperaturii apei; creșterea în continuare a plantelor acvatice superioare, colmatarea și

deteriorarea calității apei. Aceste efecte negative ale schimbărilor climatice vor fi exacerbate de impactul asupra ecosistemului fluvial din partea CHEN.

Alături de diferențele de geneză și hidrologie a lacurilor de acumulare Dubăsari și Cuciurgan, dezvoltarea faunei lor bentonice este influențată de un complex de factori naturali și antropici.

Dinamica dezvoltării cantitative a zoobentosului „moale" al lacului de acumulare Dubăsari de tip fluvial și al lacului de acumulare refrigerent Cuciurgan de tip lac contrastant arată fluctuații similare în dinamica abundenței și, în special, a biomasei bentosului (Fig. 5.1, 5.2), deoarece aceste lacuri contrastante sunt situate în aceeași zonă climatică și geografică, dar diferă în complexul de influență a factorilor antropici, a hidrologiei și a indicatorilor hidrochimici ai calității apei, ceea ce sugerează că aceste fluctuații ale abundenței și biomasei bentosului sunt asociate cu schimbări geoclimatice.

O analiză a dinamicii abundenței și biomasei zoobentosului „moale" al lacului de acumulare Cuciurgan în condițiile unei schimbări a nivelului de termoficare lacului-refrigerent oferă motive de a prezice că încălzirea climatică va contribui la creșterea treptată a abundenței și biomasei bentosului lacului de acumulare Dubăsari până la o anumită limită, după care va exista o scădere a indicatorilor de producție de zoobentos. Cu toate acestea, ele vor rămâne peste valorile lor premergătoare perioadei de schimbări climatice.

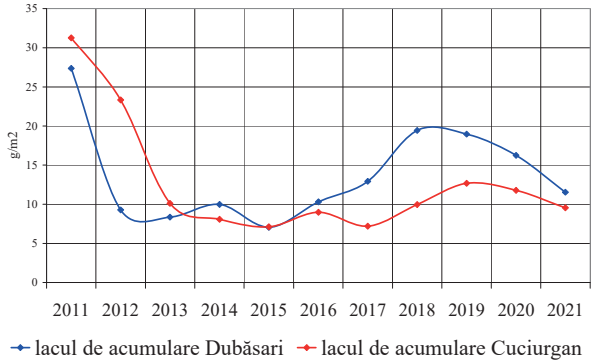


Fig. 5.1. Dinamica efectivului (ex./m^2) zoobentosului „moale" din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan, 2011-2021

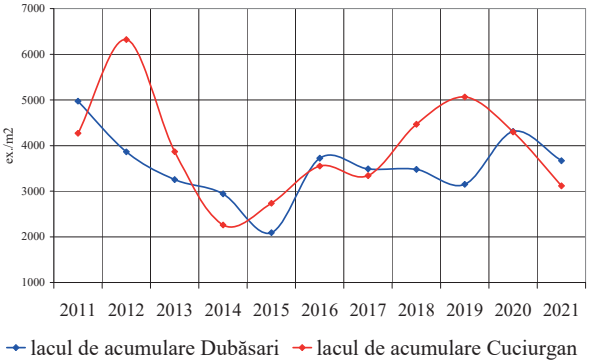


Fig. 5.2. Dinamica biomasei (g/m^2) zoobentosului „moale" din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan, 2011-2021

Ca măsură a rezistenței comunităților bentinice ale lacurilor de acumulare din bazinul Nistru la impactul unui complex de factori naturali (inclusiv schimbările climatice) și antropici, am luat în considerare variabilitatea dinamicii biomasei acestora. Dintre grupurile de zoobentos „moale" din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan, chironomidele și oligochetele au cea mai mică valoare a variabilității dinamicii biomasei, ceea ce caracterizează aceste grupuri de organisme acvatice ca fiind cele mai stabile și adaptate la impactul unui complex de factori naturali și antropici. În același timp, valorile *VDB* pentru grupurile de zoobentos „moale", cu excepția crustaceelor superioare, sunt mai mici în lacul de acumulare Dubăsari (fig. 5.3).

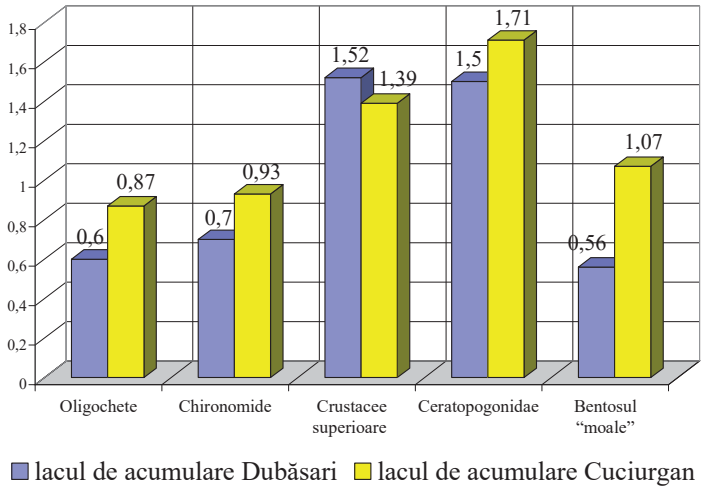


Fig. 5.3. Valoarea medie a variabilității dinamicii biomasei grupurilor de zoobentos „moale" din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan, 2011-2021

Comunitățile zoobentice ale lacului de acumulare Dubăsari sunt mai stabile decât cele ale lacului de acumulare Cuciurgan și, în consecință, sunt mai adaptate la impactul factorilor naturali și antropici. Rezistența zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari la impactul unui complex de factori se datorează faptului că condițiile de habitat de aici sunt supuse unor schimbări mai dramatice decât în lacul de acumulare Cuciurgan. Astfel, comunitățile bentonice ale lacurilor de acumulare de tip fluvial, în comparație cu comunitățile zoobentice ale lacurilor de acumulare tip lac, sunt mai stabile în condițiile schimbărilor climatice și factorilor antropici și au un potențial de adaptare mai mare.

Impactul negativ al factorilor naturali și antropici duce la creșterea rolului funcțional al hidrobionților bentonici în procesele de acumulare a metalelor grele și la dezvoltarea comunităților de paraziți ale căror cicluri de viață sunt asociate cu zoobentos. Acest lucru este clar mai ales în lacul de acumulare Cuciurgan.

Sub influența factorilor naturali și antropici din corpurile de apă ale bazinului Nistrului se activează procesele de invazie biologică, ceea ce se vede clar în exemplul crustaceelor superioare. Apariția creveților de apă dulce *Macrobrachium nipponense* iubitor de căldură în Nistru demonstrează modul în care factorul inițial antropic (introducerea lui în lacul de acumulare Cuciurgan) în combinație cu factori naturali (o creștere a temperaturii medii anuale a apei din Nistru de la 9,8 °C în 1950-1980 până 11,1°C în 2000-2020) a contribuit la extinderea ariei sale în bazinul Nistrului.

Un exemplu clar al impactului factorilor antropici care contribuie la invaziile biologice este apariția și crearea unei populații stabile în lacul de acumulare Cuciurgan al crabului nord-american *Rhithropanopeus harrisi*. Factorul limitativ în distribuția acestei specii invazive este mineralizarea apei, prin urmare, extinzându-și areala sa până în estuarele Mării Negre, nu a putut pătrunde în Nistru. Pe o perioadă lungă de timp, sub influența funcționării CTEM și a efectului cumulativ, mineralizarea lacului de acumulare Cuciurgan a crescut la 2367 mg/l, ceea ce a permis crabului, intrând în lacul refrigerent, să se aclimatizeze cu succes aici și să creeze o populație stabilă.

Factorul determinant în răspândirea speciilor invazive în lacurile de acumulare ale Nistrului este antropic, care se manifestă prin introducerea intenționată și neintenționată a organismelor acvatice, pe de o parte, și modificarea condițiilor de habitat ale acestora, pe de altă parte. Schimbările climatice vor avea un impact mai mare asupra proceselor de invazie

biologică din Nistru și lacul de acumulare Dubăsari și vor duce în principal la apariția unor specii iubitoare de căldură.

Conceptul formării și funcționării zoobentosului în lacurile de acumulare din bazinul Nistrului sub influența factorilor naturali și antropici poate fi redus la următoarele principii de bază:

1. Ca urmare a impactului unui complex de factori naturali și antropici, lacurile de acumulare din bazinul Nistru se transformă în sisteme natural-tehnogenice.

2. În lacurile de acumulare ale bazinului Nistru, spre deosebire de ecosistemele marine, care sunt mai stabile și se modifică sub influența schimbărilor climatice, transformarea comunităților bentonice este determinată de o combinație a schimbărilor antropice și climatice cu influența determinantă a celor antropice.

3. Dintre lacurile de acumulare ale bazinului Nistru, lacul-refrigerent Cuciurgan al CTEM poate servi drept obiect de apă model pentru transformarea ecosistemului de apă dulce sub influența schimbărilor climatice spre încălzire.

4. Încălzirea climei se va manifesta într-o mai mare măsură în ecosistemul lacului de acumulare Dubăsari, ceea ce va duce la suprimarea formelor reofile de bentos iubitoare de apă rece și va contribui la creșterea treptată a ponderii și a biomasei euribionților și formelor termofile până la o anumită limită, după care va avea loc o scădere a indicatorilor de producție de bentos și stabilizarea acestora la un nivel peste valorile lor premergătoare perioadei de schimbări climatice.

5. Schimbările climatice vor contribui la deteriorarea situației parazitologice din lacul de acumulare Dubăsari, vor duce la o îmbogățire a compoziției speciilor faunei parazitare, în special cea care folosește organisme zoobentos ca gazde intermediare în ciclurile sale de dezvoltare.

6. Potențialul de adaptare a zoobentosului lacului de acumulare Cuciurgan la încălzirea climei este mai mare decât al bentosului lacului de acumulare Dubăsari și este limitat de nivelul de termalizare al lacului de acumulare refrigerent la 30 °C.

7. Creșterea impactului antropic, contribuind la poluarea lacurilor din bazinul Nistrului cu metale grele, va duce la creșterea concentrațiilor acestora în organismele zoobentice, în special moluște și chironomide.

8. În zoobentosul lacurilor de acumulare din bazinul Nistrului, chironomidele și oligochetele sunt cele mai stabile și adaptate la impactul unui complex de factori naturali și antropici.

9. Comunitățile bentonice ale lacurilor de acumulare de tip fluvial, în comparație cu comunitățile zoobentice ale lacurilor de acumulare tip lac, au un potențial de adaptare mai mare și sunt mai rezistente la impactul unui complex de factori antropici.

10. Schimbările climatice, împreună cu factorii antropici, devin un factor determinant pentru transformarea în continuare a comunităților bentonice ale corpurilor de apă din bazinul Nistru.

11. Comunitățile zoobentosului care au fost de mult timp sub influența factorilor antropici sunt capabile să se adapteze mai ușor la schimbările climatice.

12. Întărirea influenței factorilor naturali și antropici asupra corpurilor de apă ale bazinului Nistru activează procesele de invazie biologică, care, sub impact antropic, se vor manifesta prin modificarea condițiilor de habitat și introducerea de organisme acvatice, iar schimbările climatice, vor duce la invazii de specii termofilede organisme acvatice în Nistru și lacul de acumulare Dubăsari.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE

Concluzii:

1. Studiile multianuale ale comunităților de nevertebrate bentonice indică faptul că lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan sunt ecosisteme acvatice tehnogene care au fost transformate în mare măsură prin ingineria hidroenergetică și termică, necesitând o monitorizare constantă și cuprinzătoare și implementarea măsurilor de îmbunătățire a hidrobiocenozelor și de menținere a regimurilor lor hidroecologice [22, 25, 38, 39].

2. Crearea lacului de acumulare Dubăsari pe fl. Nistru a dus la o scădere accentuată a diversităţii speciilor, în special, a faunei lito- și psammoreofile, au apărut specii introducente de crustacee, iar zoobentosul de tip reofil s-a transformat într-unul mai peloreofil cu predominanţa complexului oligocheto-chironomid. După darea în exploatare a CHEN, a început cea de-a doua etapă, cu un impact semnificativ mai mare asupra ecosistemului Nistrului. Această etapă a condus la o schimbare radicală în comunitățile de nevertebrate bentonice, cu predominanța completă a speciilor pelofile și cu o notabilă scădere a biomasei speciilor bentosului „moale” și o creștere a ponderii speciilor invazive (alogene) [18, 36, 38, 39].

3. Succesiunile zoobentosului din lacul refrigerent Cuciurgan sunt determinate, în principal, de nivelul de termoficare și gradul de poluare a apei cauzat de funcționarea CTEM. Din 2000 până în prezent, nivelul de termoficare a lacului-refrigerent a scăzut, dar, din cauza schimbului de apă insuficient între lac și fl. Nistru, procesele de mineralizare a apei s-au intensificat, în special, datorită creșterii concentrației clorurilor și sulfaților, migrarea substanțelor chimice în sistemul „apă – mâluri” este perturbată, ceea ce provoacă o scădere suplimentară a abundenţei zoobentosului „moale”, cu excepția oligochetelor, cu creșterea biomasei acestuia [8, 13, 14, 21, 38].

4. Comunitățile de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan sunt reprezentate în cea mai mare parte de specii palearctice termofile ale regnului holarctic (în principal oligochete și chironomide), inclusiv relicte ponto-caspice (polichete, crustacee superioare și moluște), precum și specii invazive (alogene) din America de Nord și Asia de Sud-Est care au apărut în ultimele decenii. Cea mai mare asemănare este caracteristică pentru fauna ponto-caspică a lacurilor, a cărei distribuție masivă este rezultatul imigrației sale istorice, care continuă până în prezent [23, 24, 25, 38, 44].

5. Fauna invazivă a nevertebratelor bentonice din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan, pe lângă cea ponto-caspică (27 specii), este reprezentată de specii nord-americane (4 specii) și sud-est asiatice (3). Ponderea speciilor ponto-caspice și invazive în zoobentosul lacului de acumulare Dubăsari este de 16%, Cuciurgan – 21,4%. În lacul de acumulare Cuciurgan, au fost înregistrate și descrise pentru prima oară în detaliu două specii invazive noi – *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) și crabul nord-american *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841). Condițiile de habitat favorabile pentru crabul nord-american din lacul de acumulare au permis formarea unei populații stabile a acestei specii aici [11, 20, 25, 35, 36, 38, 40, 44, 46].

6. Nevertebratele bentonice reprezintă sursa principală de hrană pentru peștii bentosofagi din ecosistemele acvatice studiate. În procesul de digestie a peștilor, pe lângă enzimele produse de propriul lor sistem digestiv, intervin și enzimele provenite de la organismele zoobentice, care descompun substanțele alimentare prin procesul de autoliză indusă. Studiile noastre au arătat că potențialul productivității piscicole a lacului de acumulare Cuciurgan

(167,89 kg/ha) datorită bentosului furajer este mai mare decât cel din lacul de acumulare Dubăsari (122,80 kg/ha) [5, 10, 17, 31, 33].

7. Ecosistemele acvatice studiate, conform indicelui de saprobitate al nevertebratelor bentonice, precum și indicilor Carr și Hiltonen (C&HI), Goodnight și Whitley (G&WI), King și Ball (C&BI), Landbeck și Sizer (L&SI), BMWP și ASPT (evaluarea bioindicativă a calității apei), aparțin ecosistemelor acvatice β-α-mezoaprobice [3, 14, 22, 27].

8. Nevertebratele bentonice joacă un rol important în formarea comunităților parazitare în lacuri, acționând ca o gazdă intermediară sau a doua intermediară. S-a stabilit că în lacul de acumulare Cuciurgan, diversitatea speciilor faunei parazite a peștilor este dominată de trematode (61%) și nematode (18%), al căror ciclu de dezvoltare are loc cu participarea nevertebratelor bentonice [15, 45].

9. Potențialul de adaptare al zoobentosului din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan s-a manifestat în gradul de capacități de adaptare a hidrobionților la condițiile de mediu în schimbare, sub influența unui complex de factori naturali și antropici, în transformarea compoziției taxonomice și a grupurilor sale ecologice [19, 29, 38].

10. S-au stabilit factorii determinanți (biotici și abiotici) și nivelul de acumulare a unui număr de oligoelemente-metale în organismele zoobentosului, precum și rolul speciilor de masă de nevertebrate bentonice în migrația biogenă a substanțelor chimice. S-a stabilit că capacitatea de bioacumulare pentru molibden, vanadiu și plumb este mai mare la *Dreissena polymorpha*, pentru cupru la *Viviparus viviparus* și pentru plumb și nichel la chironomide. Concentrațiile minime de metale sunt observate în corpul misidelor. Rolul principal în migrarea metalelor în ecosistemele studiate revine moluștelor bivalve, ceea ce se datorează atât capacității lor mari de filtrare, cât și biomasei predominante, iar în ceea ce privește bioamplificarea metalelor din lanțul trofic, predomină rolul zoobentosului „moale". Nevertebratele bentonice sunt organisme indicatori fiabili în monitorizarea biologică a migrării metalelor în ecosistemele acvatice [26, 38].

11. Studii cuprinzătoare ale nevertebratelor bentonice, evaluarea transformărilor în curs și adaptarea comunităților bentonice la schimbările climatice, împreună cu factorii antropici, au servit drept bază pentru elaborarea conceptului formării și funcționării zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul Nistru sub influența factorilor naturali și antropici, în scopul păstrării diversității și utilizării durabile a resurselor biologice ale acestora [1, 19, 21, 23, 25, 32, 36, 38].

Recomandări:

1. Continuarea dezvoltării conceptului de formare și funcționare a comunităților de nevertebrate bentonice în lacurile de acumulare din bazinul hidrografic fluviul Nistru și extinderea acestuia pentru a include și alte grupuri de organisme acvatice reprezintă o strategie esențială pentru adaptarea corpurilor de apă din Republica Moldova la schimbările climatice și la impactul semnificativ al activităților umane.

2. Implementarea activă a principalelor prevederi ale Directivei-cadru privind apa a UE, promovarea utilizării lor în managementul lacului-refrigerent Cuciurgan al CTEM.

3. Extinderea gamei de metode de monitorizare biologică a apelor de suprafață din Republica Moldova cu indicatori bazați pe taxoni mari, permițând urmărirea dinamicii pe termen lung a modificărilor acestora. Utilizarea pe scară mai largă a organismelor zoobentice pentru a monitoriza acumularea și migrarea metalelor în apele de suprafață.

4. Pentru a păstra potențialul de bioproducție al lacului de acumulare Cuciurgan şi a preveni deteriorarea stării lui ecologice, este necesar să se monitorizeze încărcătura termică

asupra ecosistemului lacului de acumulare refrigerent, implementarea măsurilor care vizează îmbunătățirea schimbului de apă și menținerea nivelului de proiectare a apei bazinului acvatic.

5. Lacul refrigerent Cuciurgan al CTEM poate servi drept model de corp de apă în studierea transformărilor ecosistemelor de apă dulce sub influența schimbărilor climatice.

6. Studiile privind bioproductivitatea zoobentosului furajer oferă o bază solidă pentru a lua în considerare utilizarea lor în eforturile de refacere și creștere a potențialului de producție piscicolă a lacurilor de acumulare din bazinul Nistru.

7. Consolidarea monitorizării speciilor invazive din apele de suprafață ale Republicii Moldova.

8. Principalele prevederi și rezultate ale tezei sunt recomandate pentru utilizare în procesul de învățământ din instituțiile de învățământ superior, în pregătirea specialiștilor în domeniul biologiei.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. АНДРЕЕВ, А.В., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Влияние климата на природные экосистемы и меры адаптации. В: *Концепция региональной стратегии адаптации к изменению климата: Приднестровье*. Бендеры: Полиграфист, 2012. С. 79-129.
2. БЕЗМАТЕРНЫХ, Д.М. Современное состояние зообентоса системы озера Чаны. В: *Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия*. Борок, 2002. С. 59-60.
3. БОГАТЫЙ, Д.П., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Оценка экологического состояния Дубоссарского водохранилища по макрозообентосу. В: *Современные проблемы биологии и экологии:* материалы докладов III Международной научно-практической конференции, 4-5 марта 2021 г. Махачкала: АЛЕФ, 2021. С. 376-379.
4. ЗВЕЗДИНА, Т.Н., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Гидростроительство как фактор антропогенного воздействия на экосистемы. В: *Hydropower impact on river ecosystem functioning:* Proceedings of the International Conference. Tiraspol: Eco-Tiras, 2019. С. 123-126.
5. ЗОЛОТАРЕВА, Г.В., КУЗЬМИНА, В.В., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Характеристика активности гликозидаз беспозвоночных – потенциальных объектов питания планкто- и бентофагов Кучурганского водохранилища. В: *Биоразнообразие и факторы, влияющие на экосистемы бассейна Днестра.* Материалы научно-практической конференции (с международным участием). Тирасполь, 16-17 ноября 2018 г. Тирасполь: Eco-TIRAS, 2018. С. 234-237.
6. ЗУБКОВА, Е.И., БАГРИН, Н.И., БИЛЕЦКИ, Л.Н. и др. Оценка воздействия энергетики на водные экосистемы бассейна реки Днестр. В: *Интегрированное управление бассейном трансграничного Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы:* Материалы международной конференции, Тирасполь, 26-27 октября 2017 года. Eco-TIRAS, 2017. С. 134-138.
7. ИГНАТЬЕВ, И.И., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Водные ресурсы и адаптация к изменению климата. В: *Вестник Приднестровского университета*, 2017. Сер.: Медико-биологические и химические науки. № 2(56). С. 130-136.
8. КАСАПОВА, Л.В., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** и др. Гидрохимические особенности двух контрастных (Дубоссарского и Кучурганского) водохранилищ. В: *Интегрированное управление бассейном трансграничного Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы:* Материалы международной конференции, Тирасполь, 26-27 октября 2017 года. Eco-TIRAS, 2017. С. 164-166.

9. КОРОБОВ, Р., ТРОМБИЦКИЙ, И. *Водная безопасность в условиях изменения климата*. Кишинев, 2017. 88 с.
10. КУЗЬМИНА, В.В., ЗОЛОТАРЕВА, Г.В., ШЕПТИЦКИЙ, В.А., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** *Роль объектов питания и микробиоты в процессах пищеварения рыб из разных экосистем*. Тирасполь: Изд-во Приднестровского университета, 2016. 196 с.
11. МУНЖИУ, О.В., ТОДЕРАШ, И.К., ШУБЕРНЕЦКИЙ, И.В., РАЙЛЯН, Н., **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Современное состояние популяций чужеродных видов моллюсков в бассейне р. Днестр. В: *Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья.* Материалы V Международной научно-практической конференции. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2014. С. 179-184.
12. СОН, М.О. *Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья*. Одесса: Друк, 2007. 132 с.
13. ФИЛИПЕНКО, Е.Н., **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ТИХОНЕНКОВА, Л.А. Гидрохимические особенности Кучурганского водохранилища и роль стоков в его загрязнении. В: *Transboundary Dniester River basin management and EU intergaration – step by step.* Proceedings of the International Conference. Chisinau: Eco-TIRAS, 2022. С. 240-245.
14. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** *Зообентос Кучурганского водохранилища: динамические процессы и использование в биологическом мониторинге*. Тирасполь: Изд-во Придн. ун-та, 2005. 160 с.
15. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, МОШУ, А.Я., КАНУШИНА, А.Л. Зообентос Кучурганского водохранилища – как один из факторов развития паразитарных сообществ в водоеме-охладителе Молдавской ГРЭС. В: *Управление бассейном трансграничного Днестра в рамках нового бассейнового Договора.* Международная конференция, Chişinău, 2013. С. 450-455.
16. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Экологические проблемы Кучурганского водохранилища. В: *Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья.* Материалы V Международной научно-практ. конференции. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2014 С. 283-286.
17. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Роль зообентоса в питание рыб–бентофагов Кучурганского водохранилища. В: *Вестник Приднестровского университета*, 2014. Сер.: Медико-биологические и химические науки. №2(47). С. 107-112.
18. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ИГНАТЬЕВ, И.И., БОГАТЫЙ, Д.П. Зообентос и его функциональная роль в экосистеме Дубоссарского водохранилища. В: *Окружающая среда Приднестровья. Оценка состояния*. Бендеры: Полиграфист, 2014. – С. 210-219.
19. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Вариабельность динамики биомассы «мягкого» зообентоса Кучурганского водохранилища. В: *Чтения памяти кандидата биологических наук, доцента Л.Л. Попа.* Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2015. С. 160-165.
20. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Инвазивные моллюски водоемов бассейна Днестра. В: *Материалы чтений памяти доктора биологических наук В.А. Собецкого*. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2015. С. 51-62.
21. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Зообентос Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС. В: *Современные проблемы биологии и экологии:* материалы докладов II Международной научно-практической конференции, 4-5 марта 2016 г. Махачкала: ДГПУ, 2016. С. 72-75.
22. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Экологические проблемы и биоиндикация Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС. В: *Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем III:* Материалы Междунар. Конф. СПб, 2017. С. 343-346.
23. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Зообентос двух контрастных водохранилищ Молдовы. В: *Биологическое разнообразие Кавказа и юга России.* Материалы XIX Международной научной конференции, Махачкала: Типография ИПЭ РД, 2017. С. 523-525.

24. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Североамериканский краб *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) – новый инвазивный вид в Приднестровье. В: *Российский Журнал Биологических Инвазий. №2*, 2018. С. 86-89.
25. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Зообентос Дубоссарского и Кучурганского водохранилищ. В: *Functional ecology of animals.* International symposium dedicated to the 70th anniversary from the birth of academician Ion Toderaş, 21 September 2018. Chişinău: Imprint Plus, 2018. С421-427.
26. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ТИХОНЕНКОВА, Л.А., ФИЛИПЕНКО, Е.Н. Зообентос Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС и роль отдельных его представителей в накоплении металлов. В: *Биологическое разнообразие Кавказа и юга России.* Материалы XXI Международной научной конференции, Магас, 2019. С. 441-445.
27. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ЧУР, С.В., БОГАТЫЙ, Д.П. Биоиндикационная оценка экологического состояния Дубоссарского водохранилища. В: *Проблемы экологии, сохранения биоразнообразия и восстановления природных ресурсов Приднестровья:* Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. посвященной году экологии и благоустройства в Приднестровье. Бендеры, 29 ноября 2019 г. Бендеры, 2019. С. 83-91.
28. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** О формировании популяции голландского краба *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) в Кучурганском водохранилище. В: *EU Integration and Management of the Dniester River Basin.* Proceedings of the International Conference. Chisinau: Eco-TIRAS, 2020. С. 309-312.
29. **ФИЛИПЕНКО, С.И.** Кормовой зообентос Дубоссарского водохранилища и вариабельность динамики его биомассы в современных гидрологических условиях Днестра. В: *Проблемы экологии и сохранения биоразнообразия Приднестровья.* Бендеры: Полиграфист, 2020. С. 107 – 111.
30. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ЗУБКОВА, Н.Н. и др. Особенности накопления металлов некоторыми видами рыб Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС. В: *Биогеохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы:* Труды Международного биогеохимического Симпозиума. Тирасполь: ПГУ им. Т.Г. Шевченко, 2020. С. 211-215.
31. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ФИЛИПЕНКО, Е.Н. Кормовые ресурсы и рыбопродукционный потенциал Дубоссарского водохранилища. В: *Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России.* Материалы XXII Международной научной конференции. Махачкала: АЛЕФ, 2020. С. 390-394.
32. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ФИЛИПЕНКО, Е.Н. Воздействие гидротехнического комплекса Новоднестровской ГАЭС на высшие водные растения Днестра. В: *Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов.* Материалы докладов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала: АЛЕФ, 2021. С. 189-193.
33. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, БОГАТЫЙ, Д.П., МУСТЯ, М.В., ЗОЛОТАРЕВА, Г.В. Место и роль бентосных беспозвоночных Дубоссарского и Кучурганского водохранилищ в трофических цепях. В: *Transboundary Dniester River basin management and EU intergaration – step by step.* Proceedings of the International Conference, Chisinau, October 27-28. Chisinau: Eco-TIRAS, 2022. С. 232-239.
34. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ФИЛИПЕНКО, Е.Н., ТИХОНЕНКОВА, Л.А. Гидрохимические показатели и оценка качества воды Кучурганского водохранилища. В: *Вестник Приднестровского университета. Сер.: Медико-биологические и химические науки: № 2 (71)*. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2022. С. 123-132.
35. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, МУСТЯ, М.В., ФИЛИПЕНКО, Е.Н. Чужеродные гидробионты Кучурганского водохранилища. В: *Биологическое разнообразие*

Кавказа и Юга России. Материалы XXIV Международной научной конференции. Махачкала: АЛЕФ, 2022. С. 552-558.
36. **ФИЛИПЕНКО, С.** Сукцессии зообентоса Дубоссарского водохранилища под воздействием гидроэнергетического строительства. В: *Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii. № 3 (347)*, 2022. pp. 8-24.
37. **ФИЛИПЕНКО, С.И.**, ФИЛИПЕНКО, Е.Н. Современные экологические проблемы экосистемы реки Днестр. В: *Экология и жизнь человека:* материалы II международной научно-практической конференции. Рыбница, 2023. С. 149-153.
38. **ФИЛИПЕНКО, С.** *Зообентос Дубоссарского и Кучурганского водохранилищ*. Монография. Кишинэу, 2023. 215 с.
39. BACAL, P., BURDUJA, D., CAZANȚEVA, O., COJOCARI, A., COROBOV, R., DONICA, A., **FILIPENCO, S.** şi al. *Studiul impactului social şi de mediu al complexului hidroenergetic Nistrean*. UNDP, 2021. 34 p.
40. **FILIPENKO, S.**, PURCIC, V., DUMBRĂVEANU, D., RAILEAN, N. şi al. Crabul de mâl (Nord-American) *Rhithropanopeus Harrisi* (Gould, 1841) - o nouă specie invazivă în Moldova. În: *Buletinul Academiei de ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii. № 2(335),* 2018. pp. 71-77.
41. **FILIPENCO, S.** Structura comunităților de zoobentos din lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan în baza clasificării zoogeografice In: *Akademos.* 2/2023. pp. 41-45.
42. ZUBCOV, E. Starea actuală a fluviului Nistru. In: *Akademos. Revistă de Ştiinţă, Inovare, Cultură şi Artă.* Chişinău. Nr.4 (27), decembrie 2012, pp. 99–102.
43. **PHILIPENKO, S.**, PHILIPENKO, E., FOMENKO, V. Kuchurgan storage reservoir – as one of the key component of the wetlands of the lower portions of Dniester river. In: *J. Wetlands Biodiversity*, 2013. № 3. pp. 67-75.
44. **PHILIPENKO, S.** The benthic Ponto-Caspian fauna of the Kuchurgan storage reservoir of the Moldavian central steam power station. In: *J. Wetlands Biodiversity*, 2015. № 5. pp. 7-11.
45. **PHILIPENKO, S.I.** The zoobenthos role in the development of the parasitic communities in Kuchurgan reservoir. In: *Buletinul Academiei de ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii. № 1(325)*, 2015. pp. 138-145.
46. **PHILIPENKO, S.I.** Mud Crab *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) is a New Invasive Species in Transdniestria. In: *Russian Journal of Biological Invasions*, 2018, Vol. 9, No. 3, pp. 270–272.

ADNOTARE

Filipenco Serghei – „Diversitatea și legitățile conceptuale ale funcționării comunităților nevertebratelor bentonice în lacurile de acumulare Dubăsari și Cuciurgan". Teză de doctor habilitat în științe biologice. Chișinău, 2023.

Structura tezei: introducere, 5 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie (383 titluri), 9 anexe, 214 pagini conținut de bază, 44 tabele, 74 figuri. Rezultatele au fost publicate în 104 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: zoobentos, factor de mediu, ecosistem acvatic, monitorizare biologică, hidrobiont, potențial de adaptare, acumularea metalelor, specie invazivă, comunitate parazitară, productivitate piscicolă, schimbări climatice, transformarea ecosistemului.

Domeniul de studiu: Ecologie.

Scopul lucrării: Stabilirea legităților conceptuale ale modificării structurii și funcționării comunităților de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare din bazinul hidrografic al fluviului Nistru în condițiile schimbărilor climatice și a factorilor antropici.

Obiectivele cercetării: studiul formării, stării actuale și a dinamicii multianuale a zoobentosului lacului de acumulare Dubăsari și lacului-refrigerent tehnogen al CTE Moldovenești; stabilirea genezei și a relațiilor zoogeografice ale zoobentosului; examinarea rolului nevertebratelor bentonice în lanțurile trofice; calcularea productivității piscicole potențiale a lacurilor de acumulare în baza zoobentosului; determinarea rolului zoobentosului în dezvoltarea comunităților de paraziți; investigarea speciilor invazive de nevertebrate bentonice; analiza rolului zoobentosului în procesele de acumulare și migrare a metalelor; cercetarea stării ecologice a lacurilor de acumulare în baza bioindicației; evaluarea potențialului adaptativ al zoobentosului în condițiile schimbărilor climatice și a factorilor antropici.

Noutatea și originalitatea științifică: Pentru prima data, într-un context comparativ, a fost investigată biodiversitatea, funcționarea și schimbările succesionale în comunitățile de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare de contrast din bazinul hidrografic al fl. Nistru și stabilite legitățile conceptuale ale modificărilor structurale și funcționale ale zoobentosului din corpurile de apă studiate, în condițiile schimbărilor climatice și factorilor antropici. A fost studiată geneza și relațiile zoogeografice ale zoobentosului. Pentru prima dată, au fost înregistrate în lacul-refrigerent Cuciurgan două specii invazive noi - *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) și *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841). A fost identificat rolul zoobentosului în dezvoltarea comunităților parazitare, acumularea și migrarea metalelor, lanțurile trofice și formarea productivității piscicole în lacurile de acumulare. A fost analizată comparativ starea ecologică a corpurilor de apă studiate în baza bioindicației. A fost studiat potențialul de adaptare a zoobentosului în condițiile transformării corpurilor de apă. A fost prezentat conceptul de formare și funcționare a zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic al fl. Nistru sub influența factorilor naturali și antropici.

Problemă științifică rezolvată în teză: constă în *fundamentarea ştiinţifică* a cunoștințelor noi despre fauna nevertebratelor bentonice a două lacuri de acumulare contrastante din Moldova – obiecte cu destinație hidro- și termoelectrică, *ceea ce a condus la* stabilirea legităților calitative și cantitative ale dinamicii acesteia într-o perspectivă spațio-temporală, precum și la evaluarea semnificației funcționale a zoobentosului în două ecosisteme acvatice modificate ca rezultat al impactului tehnogen, supuse influenței diferitor factori antropici, amplasate în aceeași zonă natural-climatică, dezvăluirea cauzelor modificărilor structurale ale hidrobiocenozelor, *fapt care a contribuit la* dezvoltarea unui concept privind formarea și funcționarea comunităților de nevertebrate bentonice din lacurile de acumulare din bazinul hidrografic al fl. Nistru sub influența factorilor naturali și antropici.

Rezultate principial noi pentru știință și practică au fost obținute prin integrarea metodelor și abordărilor ecologice moderne în cadrul științei hidrobiologice clasice, în scopul identificării particularităților schimbărilor în comunitățile de zoobentos, înțelegerii funcționării acestora în condiții de transformare a ecosistemelor acvatice, aflate sub influența factorilor naturali și antropici, descifrării mecanismelor de menținere a stabilității ecosistemului și a elaborării unei strategii durabile pentru utilizarea eficientă și rațională a resurselor biologice ale apelor de suprafață.

Semnificația teoretică: Rezultatele obținute contribuie la dezvoltarea hidrobiologiei și ecologiei. Legitățile stabilite de dezvoltare a comunităților de nevertebrate bentonice contribuie la dezvoltarea teoriei funcționării și sustenabilității ecosistemelor acvatice, oferind o mai profundă înțelegere a rolului acestor comunităţi în ecosistemele acvatice transformate tehnologic, aflate sub influența factorilor naturali și antropici, a fenomenul invaziei nevertebratelor în apele de suprafață și a factorilor naturali și antropici care îl provoacă.

Valoarea aplicativă: Rezultatele științifice privind schimbările succesionale, starea actuală și funcționarea zoobentosului lacurilor de acumulare din bazinul Nistrului sunt utilizate în monitorizarea mediului și servesc drept bază pentru elaborarea și implementarea măsurilor în domeniul restabilirii, conservării și utilizării durabile a resurselor biologice ale apelor de suprafață. Rezultatele cercetărilor și publicațiile asociate servesc ca resurse didactice valoroase în instituțiile de învățământ superior, contribuind la formarea specialiștilor din domeniul biologiei și ecologiei, în educația ecologică, precum și în activități de expertiză.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele cercetării sunt utilizate în cadrul CTE Moldovenești de la Cuciurgan, CHE Dubăsari, Universitatea de Stat din Moldova, Universitatea de Stat Nistreană, Asociația Internațională a Păstrătorilor Râului „Eco-TIRAS", întreprinderea „Centrul de conservare a naturii" (or. Tiraspol).

АННОТАЦИЯ

Филипенко Сергей - «Биоразнообразие, концептуальные закономерности функционирования бентосных сообществ в Дубоссарском и Кучурганском водохранилищах». Диссертация на соискание ученой степени доктора хабилитат биологических наук. Кишинев, 2023.

Структура диссертации: введение, 5 глав, общие выводы и рекомендации, список литеаратуры из 383 наименований, 9 приложений, 214 страниц основного текста, 44 таблицы, 74 рисунка. Полученные результаты опубликованы в 104 научных работах.

Ключевые слова: зообентос, экологический фактор, водная экосистема, биологический мониторинг, гидробионт, адаптивный потенциал, накопление металлов, инвазивный вид, паразитарное сообщество, рыбопродуктивность, изменение климата, трансформация экосистемы.

Область исследования: экология.

Цель исследования: установить концептуальные закономерности изменения структуры и функционирования бентосных сообществ беспозвоночных в водохранилищах бассейна Днестра в условиях изменения климата и антропогенных факторов.

Задачи: исследовать формирование, современное состояние и многолетнюю динамику зообентоса Дубоссарского водохранилища и техногенного водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС; генезис и зоогеографические связи зообентоса; его роль в трофических цепях и потенциальную рыбопродуктивность по зообентосу; роль в развитии паразитарных сообществ; инвазивные виды донных беспозвоночных; изучить роль зообентоса в процессах накопления и миграции металлов; провести биоиндикационные исследования экологического состояния водохранилищ; оценить адаптивный потенциал зообентоса в условиях изменения климата и антропогенных факторов.

Научная новизна и оригинальность работы: Впервые в сравнительном аспекте исследованы биоразнообразие, функционирование и сукцессионные изменения сообществ донных беспозвоночных контрастных водохранилищ бассейна Днестра и установлены концептуальные закономерности изменения структуры и функционирования зообентоса исследованных водных объектов в условиях изменения климата и антропогенных факторов. Исследован генезис и зоогеографические связи зообентоса. Впервые для Кучурганского водохранилища отмечены два новых инвазивных вида - *Dreissena bugensis* и *Rhithropanopeus harrisi*. Установлены роль зообентоса в развитии паразитарных сообществ, накоплении и миграции металлов, трофических цепях и формировании рыбопродуктивности водохранилищ. Дан сравнительный анализ биоиндикационной оценки экологического состояния изученных водных объектов. Исследован адаптивный потенциал зообентоса в условиях трансформации водных объектов. Представлена концепция формирования и функционирования зообентоса водохранилищ бассейна Днестра в условиях воздействия природных и антропогенных факторов.

Решенная научная проблема в диссертации: получены новые *научно обоснованные* знания о донной беспозвоночной фауне двух контрастных водохранилищ Молдовы – объектов гидро- и теплоэнергетики, *что привело к* установлению качественных и количественных закономерностей ее динамики в пространственно-временном аспекте и дать оценку функциональной значимости зообентоса в двух техногенно преобразованных водных экосистемах с различными антропогенными факторами, раскрыть причины, обуславливающие структурные изменения гидробиоценозов, что *позволило* разработать концепцию формирования и функционирования бентосных беспозвоночных гидробионтов водохранилищ бассейна Днестра в условиях воздействия природных и антропогенных факторов.

Принципиально новые результаты для науки и практики были получены путем интегрирования современных экологических методов и подходов в классическую гидробиологическую науку с целью выявления особенностей изменений в сообществах зообентоса и их функционирования в условиях трансформации водных экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов, расшифровки механизмов поддержания стабильности экосистемы и разработки устойчивой стратегии эффективного и рационального использования биологических ресурсов поверхностных вод.

Теоретическое значение: полученные результаты вносят вклад в развитие экологии и гидробиологии; установленные закономерности развития сообществ зообентоса служат развитию теории функционирования и устойчивости водных экосистем и углублению знаний о роли сообществ бентосных беспозвоночных в техногенно-преобразованных водных экосистемах в условиях влияния природных и антропогенных факторов, о феномене инвазии беспозвоночных в поверхностные воды.

Прикладная значимость: научные результаты о сукцессионных изменениях, нынешнем состоянии и функционировании зообентоса водохранилищ бассейна Днестра используются в экологическом мониторинге, служат основой для разработки мер в области восстановлении, сохранении и устойчивого использования биологических ресурсов поверхностных вод. Результаты и публикации используются в учебном процессе ВУЗов, в экологическом образовании и воспитании, экспертной деятельности.

Внедрение научных результатов: ЗАО «Молдавская ГРЭС», ГУП «Дубоссарская ГЭС», Молдавским государственным университетом, Приднестровским госуниверситетом, Международной ассоциацией хранителей реки «Эко-ТИРАС», ГУП «Природоохранный центр» (Тирасполь).

ANNOTATION

Filipenko Sergey - "Biodiversity, conceptual regularities of the functioning of benthos communities in the Dubossar and Kuchurgan reservoirs" Dissertation of Doctor habilitat in Biological Sciences. Chisinau, 2023.

The structure of the dissertation: introduction, 5 chapters, general conclusions and recommendations, a list of references from 383 titles, 9 annexes, 214 pages of basic content, 44 tables, 74 figures. The results were published in 104 scientific papers.

Key words: zoobenthos, environmental factor, aquatic ecosystem, biological monitoring, hydrobiont, adaptive potential, metal accumulation, invasive species, parasitic communities, fish productivity, climate change, ecosystem transformation.

Field of study: Ecology.

The purpose of the work: To establish the conceptual patterns of changes in the structure and functioning of benthic invertebrate communities in the reservoirs of the Dniester basin under the conditions of climate change and anthropogenic factors.

Tasks: to study the formation, current state and long-term dynamics of the zoobenthos of the Dubossary reservoir and the technogenic reservoir-cooler of the Moldavian central steam power station the genesis and zoogeographic relationships of the zoobenthos; the role of benthic invertebrates in trophic chains; the potential fish productivity in terms of zoobenthos; the role of zoobenthos in the development of parasitic communities; invasive species of benthic invertebrates; the role of zoobenthos in the processes of accumulation and migration of metals; conduct bioindicative studies and assess the ecological state of reservoirs; assess the adaptive potential of the zoobenthos of the Dniester basin reservoirs under the conditions of climate change and anthropogenic factors.

Scientific novelty and originality of the work: For the first time in a comparative aspect, the biodiversity, functioning and successional changes in the communities of benthic invertebrates of contrast reservoirs of the Dniester basin were studied and the conceptual patterns of changes in the structure and functioning of the zoobenthos of the studied water bodies under the conditions of climate change and anthropogenic factors were established. The genesis and zoogeographic relationships of the zoobenthos have been studied. For the first time, two new invasive species were recorded for the Kuchurgan reservoir - *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) and *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841). The role of zoobenthos in the development of parasitic communities, the accumulation and migration of metals, trophic chains and the formation of fish productivity in the reservoirs has been established. A comparative analysis of the bioindicative assessment of the ecological state of the studied water bodies is given. The adaptive potential of the zoobenthos under the conditions of the transformation of water bodies was studied. The concept of the formation and functioning of the zoobenthos of the reservoirs of the Dniester basin under the influence of natural and anthropogenic factors is presented.

The solved scientific problem in the dissertation is that new *scientifically based* knowledge was obtained about the benthic invertebrate fauna of two contrasting reservoirs of Moldova – hydro and thermal power facilities, *which led* to the establishment of qualitative and quantitative patterns of its dynamics in the spatio-temporal context and to assess the functional significance of zoobenthos in two technogenically transformed aquatic ecosystems with various anthropogenic factors from one natural and climatic zone, the causes of structural changes in hydrobiocenoses were revealed, *which made* it possible to develop a concept for the formation and functioning of benthic invertebrate hydrobionts in reservoirs under the influence of natural and anthropogenic factors.

Obtaining fundamentally new results for both scientific and practical applications, this study integrated modern ecological methods and approaches into classical hydrobiological science. The objective was to identify the characteristics of changes in zoobenthos communities and their functioning amidst the transformation of aquatic ecosystems resulting from natural and anthropogenic influences. The research also aimed to decipher the mechanisms that uphold ecosystem stability and to develop a sustainable strategy for the efficient and rational utilization of biological resources in surface waters.

Theoretical significance: The obtained results make significant contributions to the advancement of hydrobiology and ecology. The established regularities in the development of benthic invertebrate communities contribute to the theoretical understanding of the functioning and stability of aquatic ecosystems. Furthermore, it deepens our knowledge about the role played by these communities in technogenically transformed aquatic ecosystems influenced by natural and anthropogenic factors. The research also sheds light on the phenomenon of biological invasions of invertebrates in surface waters and the factors, both natural and anthropogenic, that provoke such invasions.

Applied significance: The scientific findings regarding successional changes, the current state, and the functioning of zoobenthos in the reservoirs of the Dniester basin have practical implications. The published materials are being utilized in environmental monitoring activities and provide the foundation for developing measures related to the restoration, conservation, and sustainable use of biological resources in surface waters. The results and publications also serve as didactic materials in higher educational institutions for training specialists in biology and ecology. Moreover, they contribute to environmental education and upbringing as well as expert activities in the field.

Implementation of scientific results: Research results are used by "Moldavian GRES", "Dubossarskaya HPP", Moldova State University, Pridnestrovian State University, International Association of River Keepers "Eco-TIRAS", Nature Conservation Center (Tiraspol).

FILIPENCO SERGHEI

DIVERSITATEA ȘI LEGITĂȚILE CONCEPTUALE ALE FUNCȚIONĂRII COMUNITĂȚILOR NEVERTEBRATELOR BENTONICE ÎN LACURILE DE ACUMULARE DUBĂSARI ȘI CUCIURGAN

166.01. ECOLOGIE

REZUMAT
al tezei de doctor habilitat în ştiinţe biologice

Aprobat spre tipar: *14.12.2023*	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie ofset. Tipar ofset.	Tiraj 60 ex.
Coli de tipar.: 3,0	Comanda nr. 143

Universitatea de Stat Nistreană, str. Pocrovscaea, 128, Tiraspol, 3300