

PARTICULARITĂȚI ALE FUNCȚIONĂRII MICROORGANISMELOR DIN CIRCUITUL FOSFORULUI ÎN FLUVIUL NISTRU ȘI AFLUENȚII LUI PRINCIPALI ÎN ANUL 2025

Maria NEGRU, ORCID: 0009-0007-3016-0186,

Igor ȘUBERNETKII*, ORCID: 0009-0003-1680-0862

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

*Autor corespondent, e-mail: i.subernetkii@mail.ru

Rezumat

Lucrarea prezintă analiza dinamicii sezoniere a valorilor cantitative ale bacteriilor implicate în circuitul fosforului în fl. Nistru și principalii afluenți – r. Răut, Bâc și Botna – în anul 2025. Densitatea acestor bacterii variază între mii și zeci de mii de unități formatoare de colonii (ufc/ml). Abundența acestora este semnificativ de mare în afluenți, în special, în r. Bîc (până la 35,0 mii ufc/ml), ceea ce contribuie la o creștere semnificativă a lor în fl. Nistru.

Cuvinte-cheie: bacterioplancton, densitate, bacterii fosfatsolubilizatoare, bacterii fosformineralizatoare

Introducere

Fosforul este un nutrient esențial în activitatea hidrobiozenozei. În ecosistemele acvatice, ciclul fosforului este complex și cuprinde mai multe forme: dizolvate (ortofosfați), particulare (legate de materia organică sau minerală) și forme sedimentare. În concentrații ridicate devine un factor de risc pentru procesele de eutrofizare. Alături de bacteriile din grupul studiat în procesele de transformare a fosforului sunt implicate și alte grupe de microorganisme (fungi microscopici, alge și cianobacterii) activitatea cărora este semnificativ de mare. În cadrul ciclului biogeochimic al fosforului, microorganismele – în special bacteriile fosfat-mobilizatoare (PSB) și bacteriile fosformineralizatoare (PMB) joacă un rol cheie în transformările compușilor fosforului, facilitând atât eliberarea, cât și captarea fosforului în forme biodegradabile.

Procesul de transformare și transport al fosforului este controlat de factori fizico-chimici (temperatură, oxigen dizolvat, pH) și biologici, în special prin activitatea acestor microorganisme [1].

În mod natural, aportul de fosfor în ecosisteme provine din eroziunea rocilor, descompunerea biomasei sau procesele de reciclare internă. Însă în ultimii ani, influențele antropice – în special fertilizarea agricolă excesivă și evacuarea apelor uzate netratate au perturbat acest echilibru.

Fluviul Nistru reprezintă primul dintre cele mai importante resurse acvatice ale RM, asigurând atât necesarul pentru alimentarea cu apă potabilă, cât și menținerea echilibrului ecologic al regiunii. Afluenții săi principali – râurile Răut, Bâc și Botna – joacă un rol esențial în susținerea biodiversității acvatice, însă sunt afectați semnificativ de poluarea urbană și agricolă. Aceste corpuri de apă sunt supuse presiunilor continue din partea factorului antropic, în special, compuși ai fosforului, determină dezechilibre funcționale majore în ecosistemele acvatice.

Obiectivul studiului pentru perioada a. 2025 este de a evalua impactul ultimelor condiții hidrologice și climatice asupra fluctuațiilor sezoniere ale numărului și activității microorganismelor din ciclul fosforului în condițiile schimbărilor climatice și impactului antropic în bazinul Nistrului.

Scopul acestei lucrări este de a evidenția rolul ecologic al microorganismelor implicate în circuitul fosforului în fl. Nistru și în principalii săi afluenți: Răut, Bâc și Botna.

Unele aspecte privind starea microbiologică și calitatea apei au fost abordate în comunicările prezentate în cadrul diferitor manifestări științifice din anii 1999-2024 [6-11].

Materiale și metode

Studiul s-a desfășurat în bazinul hidrografic al fl. Nistru și al trei dintre cei mai importanți afluenți din teritoriul Republicii Moldova: r. Răut, Bâc și Botna. În total au fost selectate 9 puncte de prelevare reprezentative, în funcție de gradul de influență antropică și de particularitățile hidromorfologice ale sectorului:

fluviul Nistru:

amonte de r. Răut (s. Ustia);

aval de revărsarea r. Răut în fl. Nistru (or. Criuleni);

amonte de r. Bâc (s. Gura-Bîcului);

aval de revărsare r. Bâc în fl. Nistru (s. Varnița);

amonte de r. Botna (s. Merenești);

aval de revărsare r. Botna în fl. Nistru (s. Merenești);

râul Răut: revărsarea r. Răut în fl. Nistru (s. Ustia);

râul Bâc: revărsarea în fl. Nistru (s. Varnița);

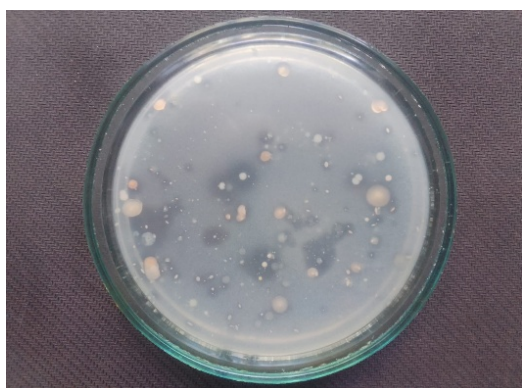
râul Botna: revărsarea în fl. Nistru (s. Merenești).

Cercetările privind microorganismele din ciclul fosforului în bazinul Nistrului și afluenții săi au fost efectuate în cadrul unor studii hidrobiologice complexe. A fost determinat efectivul numeric al bacteriilor fosfatsolubilizatoare (P-solubilizing bacteria -PSB, mii ufc/ml) și fosformineralizatoare (PMB, mii ufc /ml).

Recoltarea probelor de apă (până la 0,5 m) a fost efectuată în toate perioadele anului din 9 stații (vezi schema). În total au fost colectate 32 probe de apă în conformitate cu metodele standard și unanim acceptate [2-5].

Rezultate și discuții

Circuitul microbial al fosforului, cum a fost spus mai sus, se realizează de numeroase bacterii și fungi care solubilizează fosfații anorganici insolubili în forme solubile, accesibile hidrobionților. Activitatea lor se manifestă prin formarea zonelor transparente de diferite dimensiuni (foto 1). În același timp, cele mai mari zone sunt formate de fungi (foto 1b).



a



b

Foto 1. Zone de activitate ale bacteriilor fosfat-mobilizatoare (a) și fungi (b).

Numărul total de bacterii studiate în r. Răut a variat între 0,9-10,0 mii ufc/ml, în r. Bâc aceste valori au evidențiat o gamă mai largă de fluctuații și anume 9,0-35,0 mii ufc/ml. Starea bacterioplantonului studiat din r. Botna a fost evaluată numai în sezoanele de iarnă și primăvara (2,0-6,6 mii ufc/ml), deoarece nu a existat apă în estuarul râului vara și toamna (fig. 1-2).

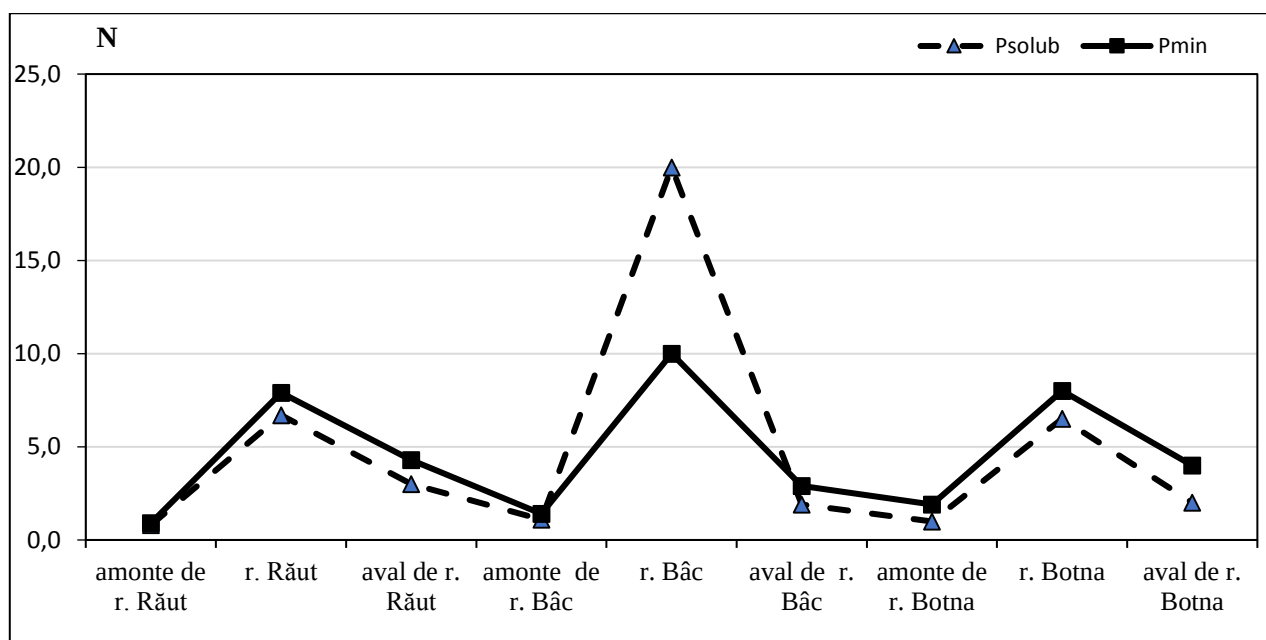


Fig. 1. Densitatea bacteriilor fosfatsolubiizatoare și fosformineralizatoare (N, mii ufc/ml) în sectorul studiat a fl. Nistru și afluenților în perioada de iarna a. 2025.

Valorile acestea a cointribuit la majorarea lor în fl. Nistru. Astfel, în aval de confluența râurilor menționate mai sus cu fl. Nistru, cantitatea de PSB crește de până la 5 ori. În același timp, trebuie remarcat faptul că, la îndepărtarea de confluența r. Răut, Bâc, Botna cu fl. Nistru, cantitatea PSB scade semnificativ. Astfel, dacă în perioada de toamnă, în aval de confluența r. Bâc cu fl. Nistru, numărul PSB era de 10,0-10,8 mii ufc/ml atunci în amonte de confluența cu r. Botna, acesta era semnificativ mai mic: 5,2-3,3 mii ufc/ml ceea ce indică o capacitate mare de autoepurare a fl. Nistru(fig.1-4).

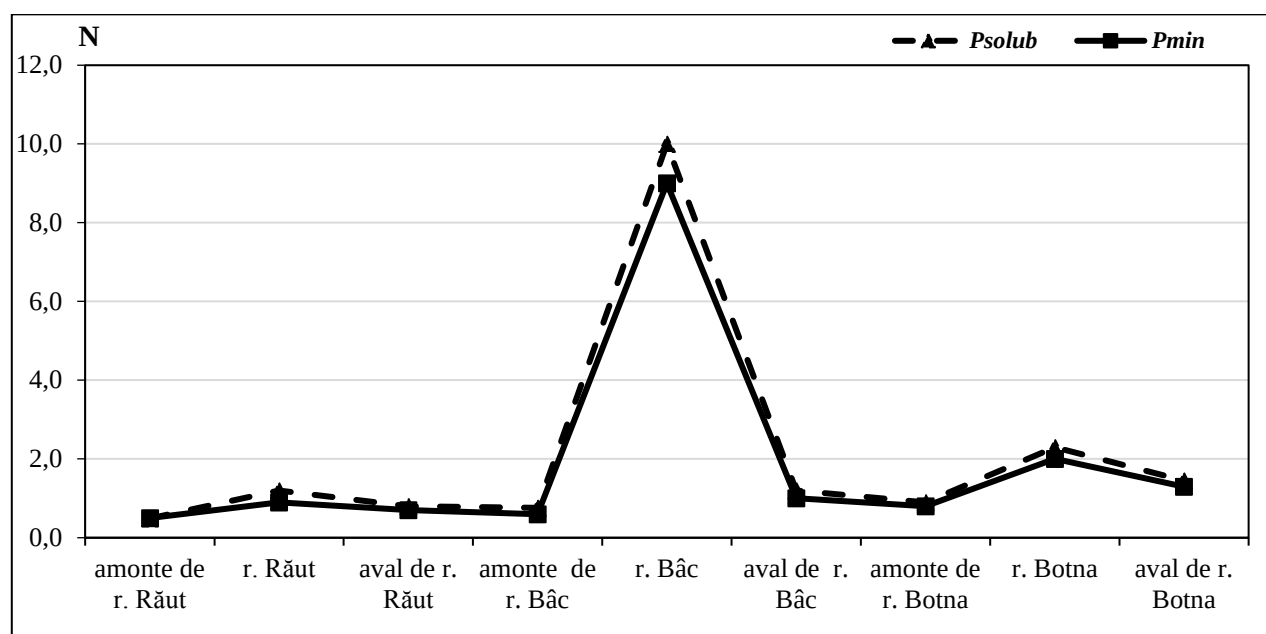


Fig. 2. Densitatea bacteriilor fosfatsolubiizatoare și fosformineralizatoare (N, mii ufc/ml) în sectorul studiat a fl. Nistru și a afluenților în perioada de primăvara a. 2025.

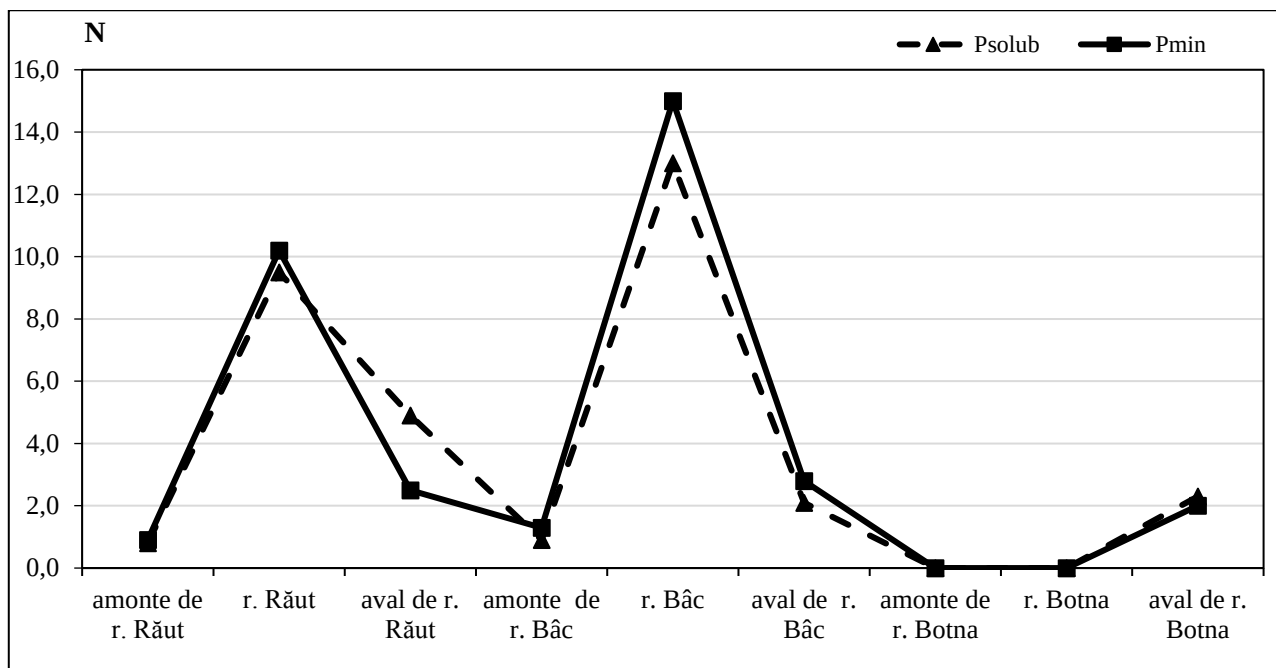


Fig. 3. Densitatea bacteriilor fosfatsolubilizatoare și fosformineralizatoare (N, mii ufc/ml) în sectorul studiat a fl. Nistru și afluenților în perioada de vara a. 2025.

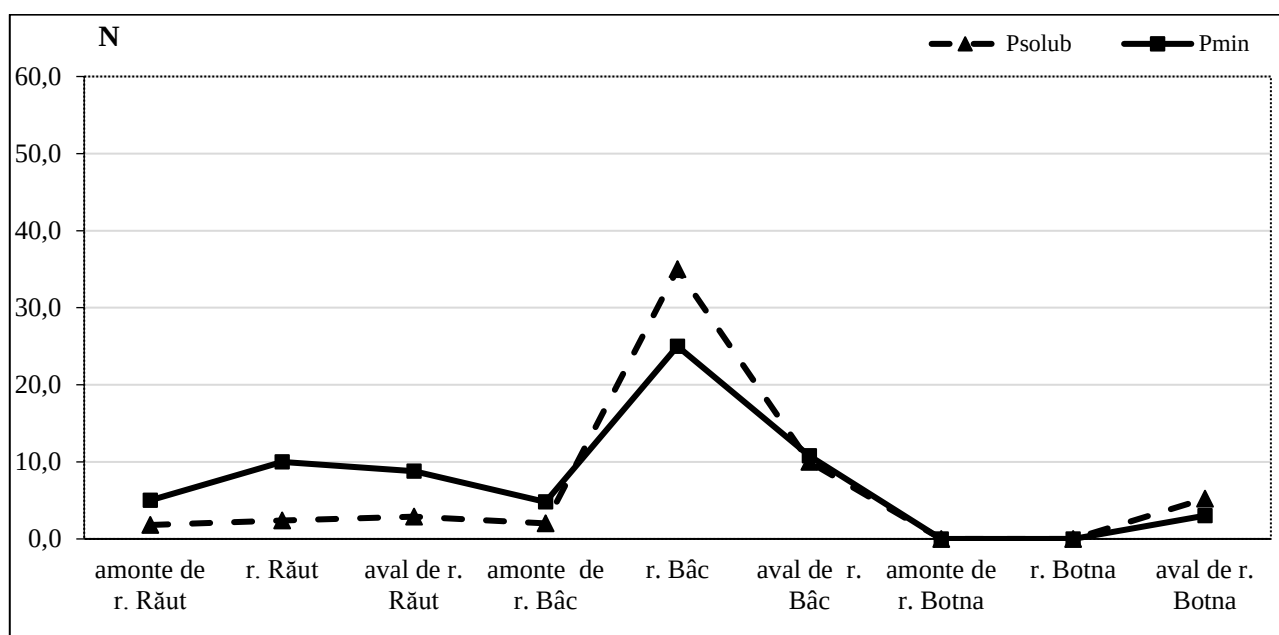


Fig. 4. Densitatea bacteriilor fosfatsolubilizatoare, fosformineralizatoare (N, mii ufc/ml) în sectorul studiat a fl. Nistru și afluenților în perioada de toamna a. 2025.

Temperatura apei, în majoritatea cazurilor, determină dezvoltarea normală a proceselor metabolice, ce contribuie la creșterea și multiplicarea microorganismelor. Cu toate acestea, nu întotdeauna acest factor important determină dezvoltarea cantitativă a hidrobionților, inclusiv a microorganismelor din ciclul fosforului. Cele mai scăzute indici (0,5-0,7 mii ufc/ml) au fost înregistrate în fl. Nistru, mai sus de confluența r. Răut și chiar în afluentul acestuia (0,9- 1,2 mii ufc/ml) primăvara la temperatura de 9,1-13,5 °C (fig. 2). Totodată, în perioada de iarnă (fig. 1), la temperaturi semnificativ mai scăzute (1,3-6,0 °C), acestea au atins 6,7-7,9 mii/ml.

Datele obținute sugerează că, în condiții favorabile (oxigen adecvat, diversitate ecologică, debit stabil), comunitățile microbiene pot contribui la autodepoluarea ecosistemelor acvatice. Fluviul Nistru și parțial r. Răut au demonstrat un potențial de reziliență ecologică, cu structuri microbiene capabile să regleze nivelul de fosfor prin procese naturale.

Concluzii

Bacteriile implicate în circuitul fosforului – joacă un rol cheie în transformările compușilor fosforați, facilitând atât eliberarea, cât și captarea fosforului în forme biodisponibile. Aceste procese microbiene influențează direct nivelul de troficitate al apelor și pot acționa ca un mecanism natural de autoreglare ecologică, dar pot și amplifica efectele eutrofizării atunci când echilibrul este perturbat. Analizând rezultatele obținute, pot fi formulate următoarele concluzii:

1. În perioada de investigații numărul total de bacteria fosfat – mobilizatoare (PSB) în r. Răut a variat, de la 0,9 până la 10,0 mii ufc/ml., în r. Bâc, de la 9,0 până la 35,0 mii ufc/ml și în r. Botna de la 2,0 până la 8,0 mii ufc/ml.
2. În fl. Nistru bacteriile implicate în circuitul fosforului în amonte de confluent cu r. Răut, Bâc și Botna au variat între 0,5 – 5,0 mii ufc /ml ; 0,6 – 4,8 mii ufc/ml și 0,8 – 1,9 mii ufc/ml respectiv, iar în aval de confluent cu râurile nominalizate, valorile numerice a acestor bacterii s-a u majorat în medie de 3 ori.

Totodată, în râurile intens antropizate (Bâc, Botna), acest mecanism de autoreglare este depășit. Acest lucru evidențiază necesitatea intervențiilor externe pentru restabilirea echilibrului ecologic.

Măsurile de îmbunătățirea stării ecologice a râurilor cercetate:

1. introducerea indicatorilor microbieni (PSB, PMB) în sistemele de evaluare ecologică a râurilor nominalizați.
2. reducerea surselor punctiforme și difuze de fosfor, în special în zonele urbane și agricole;
3. restaurarea habitatelor riverane, care pot susține dezvoltarea biofilmului microbial cu rol de tampon ecologic;
4. implementarea unor sisteme naturale de epurare (ex., zone umede artificiale) care exploatează capacitatea microbiană de transformare a fosforului.

Studiul privind rolul microorganismelor în circuitul fosforului în fluviul Nistru și afluenții săi principali (Răut, Bâc și Botna) în a. 2025 a evidențiat relații semnificative între factorii naturali, antropogeni și structura comunităților bacteriene în diferite condiții hidrologice și sezoniere.

Pe baza rezultatelor, se recomandă următoarele direcții de acțiune:

1. monitorizarea integrată a fosforului și comunităților microbiene în cadrul rețelelor de supraveghere ecologică, cu focus pe formele active ale fosforului (ortofosfați, fosfor organic solubil) și pe grupuri microbiene bioindicatori;
2. implementarea de bariere naturale și infrastructuri verzi (ex. zone umede artificiale, fâșii de vegetație ripariană) în zonele critice identificate, în vederea reducerii transportului de fosfor către corpurile de apă;
3. controlul surselor punctiforme și difuze de poluare, prin îmbunătățirea infrastructurii de epurare a apelor uzate și reglementarea aplicării fertilizanților în bazinele hidrografice afectate;
4. dezvoltarea unor programe educaționale și de conștientizare privind impactul poluării cu nutrienți și importanța conservării biodiversității microbiene pentru sănătatea ecosistemelor acvatice.

În concluzie, microorganismele nu doar răspund la modificările trofice ale mediului, ci contribuie activ la modelarea ciclului fosforului și la menținerea funcționării ecosistemelor de apă dulce. Înțelegerea și valorificarea acestui rol pot deveni un instrument strategic în politicile de gestionare sustenabilă a resurselor de apă în bazinul fluviului Nistru.

Finanțare. Lucrarea a fost realizată în cadrul subprogramului 010701 "Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării

populației" (Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova) și al proiectului "Investigarea schimbărilor mediului acvatic și a hidrobiocenozelor ecosistemului Nistrului Inferior, evaluarea impactului afluenților (Răut, Bâc, Botna), elaborarea propunerilor de valorificare durabilă și prevenirea degradării ecosistemelor acvatice lotice și lentice", finanțat de Fondul Național de Mediu și implementat de AO Societatea Ecotoxicologilor din Republica Moldova.

Bibliografie

1. Răileanu, L. *Transformările fosforului în ecosistemele dulcicole*. Revista de Hidrobiologie Aplicată, 12(2), (2018), p. 19–27.
2. Hydrochemical and hydrobiological sampling guidance. Ed.Toderaș I., Zubcov E., Bilețchi L. Chișinău: Elan poligraf, 2015, 64 p.
3. Regulament cu privire la cerințele de calitate pentru apele de suprafață. HG RM nr. 890 din 12.11.2013. Chișinău: Monitorul Oficial nr.262-267, 2013.
4. Șubnețkii, Igor, Negru, Maria, Jurminskaia, Olga. Bacterioplancton. In: Guidance on the monitoring of water quality and assessment of the ecological status of aquatic ecosystems. Editors: Bilețchi Lucia, Zubcov Elena. Chișinău: S. n., 2021 (Î. S. F.E.-P. „Tipografia Centrală”), p. 39-48.
5. Гак, Д.З. Бактериопланктон и его роль в биологической продуктивности водохранилищ. М., 1975, 375 с.
6. Borodin N. Dinamica sezonierăa formelor minerale de azot și fosfor în apa fluviului Nistru. În: Stsrea ecosistemelor acvatice transfrontaliere ale republicii Moldova. Chișinău, 2024. p. 68-75.
7. Negru, Maria, Negru Cristina. Planctonul bacterian din r. Prut. In: Colaborare transfrontalieră Moldova-România. Chișinău, 1999, p. 90-95.
8. Borodin N.,Negru M., Șubnețkii I. Unele aspecte privind solubilizarea și mineralizarea fosforului în fl. Nistru în a. 2015. În: Collection of Scientific Articles; Academician Leo Berg – 140. p. 316-320.
9. Negru, Maria, Șubnețki Igor. Studiu privind distribuția cantitativă a planctonul și bentosului bacterian din râul Prut. Mediul Ambiant, 2007, №2 (32), p. 1-3.
10. ȘubnețkiI, Igor, NegrU, Maria, Negru, Cristina. Microbiological pattern and sanitary conditions of the Moldovian part of the Prut river. In: Limnological Reports. Vol. 34, Proceedings of 34-th Conference in Tulcea. România, 2002, p. 443-449.
11. Копылов, А.И., Косолапов, Д.Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги, 2008. М.: Изд-во СГУ. 377 с.