CONTRIBUȚIA AFLUENȚILOR RĂUT, BÂC ȘI BOTNA LA VARIABILITATEA FORMELOR DE AZOT ÎN FLUVIUL NISTRU ÎN PRIMĂVARA 2025

THE CONTRIBUTION OF THE RAUT, BAC, AND BOTNA TRIBUTARIES TO THE VARIABILITY OF NITROGEN FORMS IN THE DNIESTER RIVER IN SPRING 2025

CZU: 546.17:574.5(478:282) **https://doi.org/10.59295/spd2025e.55**

Natalia BORODIN
ORCID: 0009-0005-9948-0490
E-mail: nataliaborodin100@gmail.com
Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Elena ZUBCOV
ORCID: 0000-0002-8437-8195
e-mail: ecotox@yahoo.com
Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Nina BAGRIN
ORCID: 0000-0003-4816-4349
e-mail: nina.bagrin327@gmail.com
Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Summary*.The study examines the influence of the Raut, Bac, and Botna tributaries on the nitrogen regime in the Dniester River, within the context of increasing anthropogenic pressures. Water samples were collected upstream, at confluence points, and downstream. Mineral nitrogen forms were measured using spectrophotometric methods, and organic nitrogen by the Kjeldahl method. The results indicate a pronounced dominance of mineral nitrogen in the tributaries (88–96%), far exceeding levels upstream in the Dniester (48–51%). The Bac River has the most severe impact, contributing ammonium over 335 times higher than in upstream Dniester and exceeding 15 mgN/L at the confluence, resulting in a 6.8-fold increase in ammonium downstream, as well as a significant rise in nitrites (0.032 mgN/L) and total nitrogen (1.023 mgN/L) downstream. The Raut River delivers the highest quantities of nitrates (3.23 mgN/L), while the Botna River, despite having high concentrations, is attenuated by dilution with the Dniester River water. Overall, the findings reveal an elevated risk of eutrophication, driven by the Nmin/Norg imbalance and the river's ecological vulnerability due to its specific hydrological regime and limited buffering capacity.*

Keyword: *Bac, Botna, Dniester, nitrogen, Raut*.

INTRODUCERE

Fluviul Nistru reprezintă unul dintre cele mai importante râuri transfrontaliere din Europa de Est, asigurând alimentarea cu apă potabilă și aprovizionând cu apă pentru necesitățile gospodărești populația din Republica Moldova și Ucraina. Compoziția hidrochimică a apei fl. Nistru este determinată de o varietate de factori naturali și antropici, inclusiv de aportul substanțial de poluanți provenind prin intermediul afluenților [1]. Cei trei afluenți de dreapta - Răut, Bâc și Botna – caracterizați printr-un nivel ridicat al încărcăturii antropice pot modifica semnificativ compoziția chimică a apei fluviului Nistru. În bazinele hidrografice ale acestor afluenți sunt localizate importante centre industriale și agricole, a căror activitate generează un impact antropogen semnificativ asupra compoziției hidrochimice a apelor acestor cursuri de apă [2]. Caracteristica comună a acestor râuri este poluarea cu compuși ai azotului, predominant de origine antropogenă. Totuși, fiecare râu are particularități specifice. Râul Răut, cel mai mare afluent de dreapta al fl. Nistru, traversează regiuni dens populate, inclusiv orașele Bălți, Orhei și Florești, precum și vaste terenuri agricole. Această dispunere geografică determină o diversitate a surselor de poluare și exercită influențe antropice semnificative asupra calității apei și regimului hidrologic al acestui curs de apă. Râul Bâc, traversează teritoriul capitalei, orașul Chișinău, care este supus unui impact antropogen intens, evidențiat prin concentrații crescute de compuși ai azotului. Această situație este generată de deversarea în râu a apelor uzate insuficient tratate, precum și a celor netratate, inclusiv a apelor reziduale provenite din sectorul industrial, alături de influența combinată a surselor de poluare comunale și agricole. Calitatea apei r. Bâc este influențată și de lacul de acumulare Ghidighici, pe litoralul căruia este amplasată una dintre zonele de agrement ale municipiului Chișinău. Râul Botna, traversează sud-estul Republicii Moldova, contribuie cu un aport ridicat de compuși biogeni, determinat atât de condițiile naturale ale bazinului hidrografic, cât și de presiunile antropice, în special cele asociate activităților agricole și deversării apelor reziduale [3]. Influența r. Botna asupra Nistrului este limitată de construcții neautorizate de retenție, care reduc scurgerea, perturbă debitul natural și afectează procesele ecologice.

MATERIAL ȘI METODĂ

Probele de apă au fost colectate din zonele de confluență ale râurilor Răut, Bâc și Botna cu fl. Nistru, precum și din zone situate în amonte și aval de confluență. Prelevarea s-a realizat conform metodologiei standardizate pentru monitorizarea calității apei [4]. Determinarea conținutului formelor minerale de azot au fost efectuate prin metodele spectrofotometrice la Spectrofotometru Specord 210 AnalyticJena cu set sowtare [5]. Pentru cuantificarea azotului organic în probele de apă a fost utilizată metoda clasică Kjeldahl [6].Conținutul de azot total a fost determinat prin calcul matematic, ca sumă a concentrațiilor azotului mineral și organic. Rezultatele obținute au fost prelucrate și analizate statistic utilizând software-ul Microsoft Excel.

REZULTATELE ȘI DISCUȚII

Ionii de amoniu (N-NH$_4^+$). Râul Răut transport către fl. Nistru un conținut de 0,137 mgN/L, cu 0,093 mgN/L mai mult decât în Nistru amonte și 0,085 mgN/L mai mult decât în aval. Aceasta reprezintă o creștere de 3 ori față de amonte și 2,6 ori față de aval, evidențiind presiunea semnificativă asupra compoziției chimice apei fl. Nistru. În Nistru aval, conținutul lor este mai mic decât în Răut, sugerând diluția, nitrificarea sau alte procese naturale de reducere a amoniului. Diferența de conținut între secțiunile amonte și aval ale fl. Nistru este de 0,008 mgN/L, o creștere de circa 18%. Aceasta reflectă un aport semnificativ, provenit în principal din poluare antropică, precum ape uzate urbane și activități agricole din bazinul r. Răut (Fig. 1).

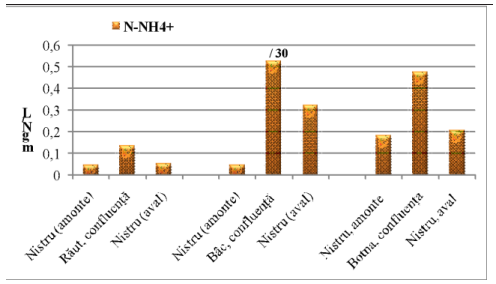


Figura 1. Ioni de amoniu în râurile Răut, Bâc și Botna (zona de confluență) și fl.Nistru (amonte și aval de confluență); r.Bâc, confluență, valoare micșorată de 30 ori.

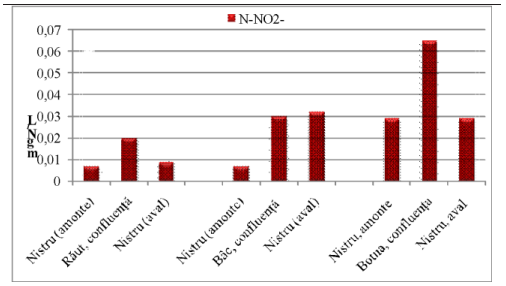


Figura 2.Conținutul ionilor nitrit în râurile Răut, Bâc și Botna, zona de confluență și fl. Nistru (amonte și aval de confluență).

Râul Bâc aduce un aport foarte ridicat de amoniu în fl. Nistru, 15,7 mgN/L, o sporire de peste 335 ori față de Nistru amonte și 49 ori față de aval. Scăderea concentrației în aval se datorează diluției, nitrificării și altor procese biochimice. Totuși, r. Bâc influențează clar concentrația ionilor de amoniu în Nistru aval, cu o creștere absolută de 0,28 mgN/L, ce corespunde unei sporiri de 6,8 ori față de Nistru amonte [Fig. 1]. La confluența cu Botna, s-a înregistrat un conținut de 0,48 mgN/L, o valoare de 2,6 ori mai mare decât în Nistru amonte, indicând un surplus provenit probabil din surse agricole, deversări sau descompunere locală. Variația concentrației ionilor de amoniu în Nistru, înainte și după confluența cu Botna, este de 0,024 mgN/L, indicând o creștere ușoară în aval. Impactul r. Botna asupra fl. Nistru aval este de aproximativ 8,1%, indicând că doar acest procent din surplusul de amoniu din Botna se regăsește în Nistru aval. Deși Botna are un conținut ridicat, influența sa este atenuată de diluția produsă de debitul mare al Nistrului, deși modificarea chimică a apei rămâne vizibilă [Fig. 1].

Ionii nitrit (N-NO$_2^-$). Concentrația de nitriți la confluența cu r. Răut (0,02 mg/L) este de 3 ori mai mare decât în Nistru amonte (0,007 mg/L), indicând poluare locală în bazinul Răut. După confluență, în Nistru aval, creșterea ușoară arată influența Răutului,

parțial atenuată de diluție, cu o contribuție relativă modestă de 15,4%. Râul Bâc aduce nitriți în concentrație de peste 4,2 ori mai mare decât Nistrul amonte, indicând poluare severă în bazinul său. După confluență, nivelul lor în Nistru aval crește de 4,6 ori sau cu 357%, cu o variație absolută de 0,025 mgN/L, reflectând un impact semnificativ asupra calității apei. Creșterea semnificativă indică un aport major de poluanți din r. Bâc. Contribuția sa depășește 100%, ceea ce sugerează că în aval concentrația este mai mare chiar decât în Bâc, posibil din cauza acumulării locale de poluanți sau a altor surse de poluare, punctiforme ori difuze (Fig. 2).

Râul Botna aduce o apă cu o concentrație de nitriți de 2,2 ori mai mare decât în Nistru în amonte. Din toate cele trei râuri studiate, r. Botna aduce în fl. Nistru cel mai mare conținut de nitriți, însă această poluare nu a afectat concentrația finală măsurată în Nistru aval. Aceasta poate fi explicat prin debitul mic al Botnei comparativ cu cel al Nistrului, iar aportul său este complet diluat.

Ionii de nitrat (N-NO_3^-). Concentrația de nitrați în r. Răut la confluență (3,23 mg/L) este de 15,7 ori mai mare decât în Nistru amonte (0,21 mg/L), indicând o sursă majoră de poluare cu compuși azotați oxidați, proveniți probabil din agricultură, ape uzate sau alte surse antropice. După confluență, nivelul de nitrați în Nistru aval a crescut cu ~178%, reflectând clar impactul afluentului.

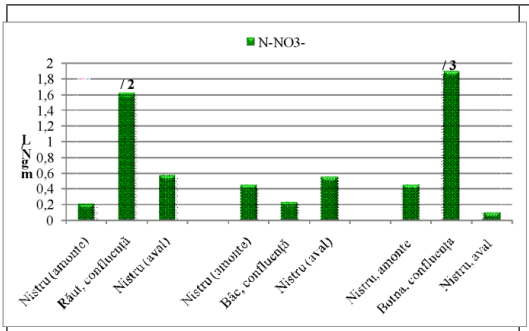


Figura 3. Conținutul ionilor nitrat în râurile Răut, Bâc și Botna, zona de confluență și fl. Nistru (amonte și aval de confluență); r. Răut, Botna la confluență cu valori micșorate de 2, respectiv 3 ori.

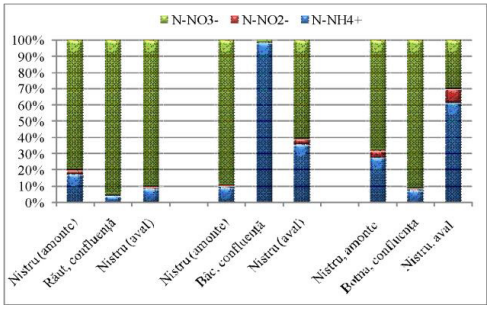


Figura 4. Cota parte a formelor minerale de azot din azotul mineral total (Nmin), (%).

Apa din r. Bâc, la confluență, are un conținut de aproximativ 51,8% din concentrația de nitrați prezentă în Nistru amonte. Deși r. Bâc are o concentrație mai mică decât fl. Nistru în amonte, după confluență, conținutul lor sporesc în Nistru aval. Rezultatul arată că, în Nistru aval, concentrația de nitrați a crescut cu aproximativ 22,3% față de cea din amonte (Fig.3).

Râul Botna, la confluență cu un conținut de nitrați de 12,7 ori mai mare decât în Nistru amonte (5,676 mg/L). Totuși, după confluență, concentrația de nitrați în Nistru scade la 0,099 mg/L, față de 0,446 mg/L în amonte - o reducere de 0,347 mg/L, adică 77,8% (Fig.3).

Raportul dintre formele minerale ale azotului. Pentru fl. Nistru, amonte de confluența cu r.Răut, forma predominantă de azot mineral au fost ionii nitrat, reprezentând peste 80% din azotul mineral total, iar la confluența cu Răut chiar peste 95%. Acest lucru arată că în apă are loc un proces intens de transformare a azotului în nitrați. Ionii de amoniu reprezintă 17% în Nistru amonte, scad la 4% la confluență, apoi cresc ușor în aval, la 8%. Nitriții au o pondere redusă (sub 3%), fiind o formă intermediară tranzitorie. La confluență, scad sub 1% (Fig. 4).

R. Bâc. La confluență, ionii de amoniu domină (98,37%), sugerând o sursă majoră de azot redus, probabil din ape uzate sau poluare organică recentă. În zona de confluență, nitrații reprezintă doar 1,45%, indicând nitrificare slabă sau poluare constantă. După confluența cu r. Bâc, în Nistru aval, proporția ionilor de amoniu scad, față de conținutul din afluent iar cea a nitraților crește la 60,75%, sugerând oxidarea parțială a amoniului. Totuși, ionii de amoniu în aval este cu mult mai mare decât în amonte (35,7% vs. 9,34%), ceea ce poate indica poluări locale suplimentare [Fig. 4].

R. Botna. La confluență, nitrații reprezintă 91,28% din azotul mineral total, sugerând poluare veche sau un sistem cu procese de nitrificare active. Ionii de amoniu a fost redus (7%), în zona de confluență, iar nitriții au fost minimi (1,05%). După confluență cu Botna, în Nistru aval, ionii de amoniu cresc puternic (61,56%), iar nitrații scad mult (29,73%), ceea ce poate indica fie surse locale de amoniu fie procese de reducere (denitrificare sau alte transformări) (Fig. 4).

Azot mineral (Nmin). Azotul organic (Norg). Analiza hidrochimică arată că râurile Răut, Bâc și Botna contribuie diferit la bilanțul azotului din Nistru, în funcție de regimul hidrologic și sursele de poluare. Primăvara, Răutul, cu un debit de aproximativ 13,5 m^3/s, a transportat în Nistru cantități semnificative de azot mineral (3,38 mg/l) și o concentrație de 10 ori mai mică de azot organic (0,30 mg/l). Debitul crescut și influența activităților agricole pot determina încărcări ridicate cu azot mineral, favorizând acumularea acestuia în apele Nistrului. Râul Bâc are un debit redus (5,83 m^3/s), dar aportul apelor uzate din Chișinău cresc semnificativ concentrația de azot mineral (16,01 mg/l) și azot organic (0,68 mg/l). Deși are un debit mai mic, concentrațiile mari de azot fac din r. Bâc principala sursă de influență asupra compoziției de azot din fl. Nistru, în aval de confluență. Râul Botna, cu un debit minim (1,05 m^3/s), are un raport mai echilibrat dintre formele de azot (N_{min} = 6,22 mg/l, N_{org} = 0,85 mg/l). Acest lucru denotă procese biogeochimice mai intense în bazinul său, în conformitate cu valoarea mai mică a încărcărilor absolute transferate către fl. Nistru.

După amestecarea apelor afluenților Răut și Bâc cu apele fl. Nistru, concentrația de azot mineral în fl. Nistru crește semnificativ. După confluența cu Răutul, azotul mineral din fl. Nistru a crescut cu 0,38 mg/L (de 2,5 ori), iar după cea cu Bâcul – cu 0,40 mg/L (de 1,8 ori). Deși r. Bâc aduce un aport mare de azot, creșterea în fl. Nistru este parțială, probabil din cauza diluției, însă impactul ecologic rămâne important. Cu toate că, r. Botna aduce un conținut de azot mineral de 0,66 mg/L, în Nistru aval scade de 2 ori. Astfel, afluenții cu conținut ridicat de azot mineral în raportul Nmin/Norg sporesc încărcătura

asupra fl. Nistru, amplificând riscul de eutrofizare, mai ales în perioada de primăvară și vară.

Concentrațiile de azot organic în fl.Nistru prezintă o tendință de micșorare după confluență. Astfel, în aval de confluență cu r. Răut, concentrația scade de la 0,25 mg/l la 0,24 mg/l, iar în cazul r.Bâc, de la 0,54 mg/l la 0,12 mg/l. Valoarea maximă a azotului organic (0,85 mg/l) a fost înregistrată la confluența cu Botna, în timp ce în Nistru concentrația scade de la 0,63 mg/l în amonte la 0,24 mg/l în aval. Datele evidențiază influența semnificativă a afluenților asupra dinamicii azotului organic și asimilarea activă a acestuia de către biota în zona de amestec a apelor [7].

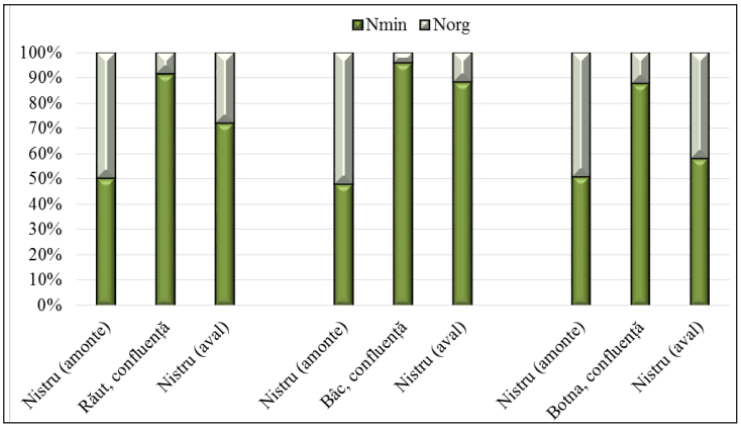


Figura 5. Conținutul azotului mineral (N_{min}) organic (N_{org}) în râurile Răut, Bâc și Botna, zona de confluență și fl. Nistru (amonte, aval).

În afluenții analizați, azotul mineral (Nmin) a predominat față de azotul organic (Norg), reprezentând între 88% (r. Botna) și 96% (r. Bâc) din azotul total (Fig. 5). Această dominanță a formelor minerale, caracteristică bazinelor cu agricultură intensivă și urbanizare, favorizează procesele de eutrofizare [8]. Revărsarea r. Răut, caracterizat prin dominanța de azot mineral (>90%), crește semnificativ ponderea acestuia în fl. Nistru (de la 50,5% la 72,2%) și reduce ponderea azotului organic, indicând aportul de forme anorganice de azot ușor asimilabile, caracteristic zonelor urbanizate. Râul Bâc, cu o pondere ridicată de azot mineral (95,9%), determină cea mai mare modificare a structurii formelor de azot din Nistru. Ponderea azotului mineral aproape se dublează (de la 48,1% la 88,4%), semnalând o poluare antropică intensă și un impact negativ major asupra regimului de azot al fluviului. Concentrația de azot organic scade semnificativ în aval (de la 0,54 la 0,12 mg/l), sugerând o transformare accelerată. Deși r. Botna aduce ape bogate în azot mineral (88,0%), influența sa asupra raportului formelor de azot din fl. Nistru aval este mai redusă comparativ cu r. Bâc și r. Răut. Ponderea Nmin crește moderat (de la 51,0% la 58,4%), iar Norg scade. Modificările mai slabe ale concentrațiilor pot fi legate de valorile ridicate din amonte sau de modul de amestec al apelor. Afluenții studiați Răut,

Bâc și Botna prezintă un nivel ridicat de azot mineral la vărsare (88–96%), mult peste valorile din Nistru amonte (48–51%). După confluență, procentul de azot mineral în fl. Nistru crește semnificativ, iar cel de azot organic scade (Fig. 5).

CONCLUZII

Râul Răut are un impact moderat asupra creșterii conținutului de amoniu, influență atenuată de diluție și procese biochimice cu apa fl. Nistru. Totuși, contribuie semnificativ la creșterea nitriților în aval de confluență și, dintre cei trei afluenți analizați, aduce cel mai mare aport de nitrați și azot mineral în Nistru aval, indicând poluare agricolă sau urbană activă în bazinul său.

Râul Bâc este cel mai poluat dintre afluenți, aducând un aport de amoniu de peste 335 ori mai mare decât în Nistru amonte și determinând o creștere de 357% a nitriților în aval. Concentrația de nitriți în Nistru aval crește de 4,6 ori, iar efectul diluției este insuficient. Deși are un conținut mai redus de nitrați, creșterea ușoară în aval sugerează alte surse sau procese locale.

Râul Botna contribuie moderat la creșterea conținutului ionilor de amoniu, influența lor fiind parțial redusă de diluție și de procese biochimice. Deși, are cel mai mare conținut de ioni nitrit nu influențează concentrația finală. Se poate datora debitului mic al Botnei sau diluției totale cu apa din fluviul Nistru.

REFERINȚE:

1. ZUBCOV, E., JURMINSKAIA, O., BAGRIN, N., BORODIN, N., ANDREEV, N. Dinamica parametrilor fizico-chimici în apele fluviului Nistru. În: *Akademos*. 2017, nr.1 (44), p. 48-53. ISSN 18-57-0461/ISSN 2587-3687.
2. BORODIN N. Conținutul elementelor biogene în apele râului Bâc în primăvara anului 2018. În: Conferința „Functional Ecology of Animals": materialele simpoz. intern., 21 sept. 2018. Chișinău, pag. 381-387.
3. Borodin, N., Zubcov, E., Bagrin, N. Calitatea apei râului Botna și influența asupra fluviului Nistru. In: *Education through research for a prosperous society, 12th edition*: materialele conf., 1-2 martie 2025. Chișinău: UPSC, 2025, Vol. 1, p. 78 - 84.
4. Ghid de prelevare a probelor hidrochimice și hidrobiologice. ed.: Toderaș, I. [et al.], Chișinău: Elan poligraf, 2015. pp. 37-40. ISBN 978-9975-66-480-6.
5. Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice: Îndrumar metodic/Acad. de Științe a Moldovei, Inst. de Zoologie, Univ. Acad. de Științe a Moldovei. Chișinău, 2015. 84 p. ISBN 978-9975-66-503-2.
6. Guidance on the Monitoring of Water Quality and Assessment of the Ecological Status of Aquatic Ecosystems. Editors: Bileţchi Lucia, Zubcov Elena. Chişinău, 2021, 92 p. ISBN 978-9975-157-05-6.

7. JOSHI, B. et al. Sediment-Nitrogen (N) connectivity: suspended sediments in streams as N exporters and reactors for denitrification and assimilatory N uptake during storms. Front. Water, 2023, Vol.5:1254225. https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1254225.
8. WOJCIECHOWSKA, E. et al. Seasonal changes of the concentrations of mineral forms of nitrogen and phosphorus in watercourses in the agricultural catchment area (Bay of Puck, Baltic Sea, Poland). *Water Science and Technology: Water Supply,* 2019, Vol. 19 (3), pp. 986-994. https://doi.org/10.2166/ws.2018.190.

N.B. *Rezultatele relatate obținute în cadrul subprogramului 010701 al USM și al proiectului implementat de către AO „ECOTOX”, finanţat din Fondul Naţional pentru Mediu.*