

STAREA ECOLOGICĂ A APEI RÂULUI BÂC, ZONĂ ADIACENTĂ ARIILOR NATURALE PROTEJATE DE STAT

Sandu Maria, Moșanu Elena, Tăriță Anatol, Lozan Raisa,
Goreacioc Tatiana, Țurcan Sergiu

Institutul de Ecologie și Geografie

Rezumat

În studiu sunt reflectate rezultatele evaluării stării ecologice a apei r. Bâc și fl. Nistru la revărsarea r. Bâc. În apa r. Bâc s-au depistat 33 mg/L compuși ai amoniului (grad înalt de poluare). A fost modelat procesul de nitrificare a ionilor de amoniu în apa din fl. Nistru (amonte și aval revărsarea r. Bâc), r. Bâc și lacul Ghidighici, constatând influența substanțelor degradabile chimic și biochimic. S-a depistat și amoniac liber în apa r. Bâc: 0,21-0,35 mg/L (la 15°C) și 0,3-0,5 mg/L NH₃ (la 20°C), depășind de 2,5-5,5 ori valoarea de securitate pentru ape emisii intermitente (0,089 mg/L).

Cuvinte cheie: Parametrii fizico-chimici, r. Bâc, starea ecologică, procesul de nitrificare, Indice de nitrificare, capacitatea de autoepurare.

Depus la redacție 13 decembrie 2019

Adresa pentru corespondență: Sandu M., Institutul de Ecologie și Geografie, str. Academiei, 1, MD 2028 mun. Chișinău, Republica Moldova; e-mail: sandu_mr@yahoo.com. tel. (+373 22) 72 55 42.

Introducere

Apele de suprafață sunt un component important al Ariile Naturale Protejate de Stat, iar evaluarea stării lor ecologice este necesară, deoarece poluarea influențează compoziția speciilor, biodiversității lor, eutrofizarea apelor, etc.

În conformitate cu anexa V din Directiva Cadru în domeniul Apei [6], informațiile furnizate de sistemul de monitoring al apelor de suprafață sunt necesare inclusiv pentru clasificarea stării corpurilor de apă la proiectarea eficientă a programelor de supraveghere, evaluarea schimbărilor pe termen lung datorită cauzelor naturale și activităților antropice și cuantificarea condițiilor de referință pentru apele de suprafață.

Starea ecologică a apelor de suprafață în Republica Moldova se caracterizează prin integrarea parametrilor fizico-chimici și microbiologici în 5 clase de calitate [11].

În studiu a fost evaluată starea ecologică, după parametrii fizico-chimici și procesul de nitrificare a ionilor de amoniu, a apelor de suprafață din r. Bâc (or. Strășeni și raionul Anenii Noi), lacul Ghidighici și fl. Nistru (amonte și aval revărsarea r. Bâc), zone adiacente Ariilor Naturale Protejate de Stat.

În a. 2015 s-a constatat că apa r. Bâc (4 km în aval or. Sîngera și s.Gura Bîcului) după pH a fost de clasa I (foarte bună) de calitate, după concentrația ionilor NO₃⁻ și Cl⁻ - de clasa II (bună), în rest apa era de clasa IV (poluată)-V (foarte poluată) de calitate. [12].

Reieșind din faptul că în apa r. Bâc s-a depistat (a. 2019) o cantitate mare a ionilor de amoniu de cca 33 mg/L (în a. 2012 - cca 77 mg/L [14]), plus la aceasta, apa se caracterizează printr-un grad înalt de poluare cu substanțe chimic degradabile (CCO-Cr de 123-252 mgO/L) și se deversează în fl. Nistru, a fost modelat procesul de nitrificare a ionilor de amoniu în apele din fl. Nistru (amonte și aval revărsarea r. Bâc) și r. Bâc (r-nele Strășeni și Anenii Noi) și lacul Ghidighici. În apele naturale procesul de

nitrificare se caracterizează printr-un consum mare de oxigen (1 mg NH₄-N necesită 4,6 mg O₂) și printr-o producție mare de acizi (1 mol de NH₄-N formează 2 moli de H⁺) [3]. Astfel pentru nitrificarea 33 mg/L NH₄⁺ s-a consumat cca 152 mg/L oxigen dizolvat în apa râului.

Ionii de amoniu și azoțiți sunt foarte toxici pentru biota acvatică. De ex., pentru a se întreține viața piscicolă conform Directivei Consiliului 78/659/CEE [7] sunt propuse următoarele condiții: ape salmonicole: ≤ 0,04 mg/L NH₄⁺, ≤ 0,01 mg/L NO₂⁻; ape ciprinoide: ≤ 0,2 mg/L NH₄⁺; ≤ 0,03 mg/L NO₂⁻, fiind considerată necesară evaluarea în cercetare a conținutului ionilor de amoniu/amoniacului și al procesului de nitrificare în apele de suprafață [15].

Materiale și metode.

Probele de apă au fost recoltate conform SM SR ISO 5667-6:2011 [22].

Indicii de calitate în probele de apă au fost determinați respectând Standardele naționale și internaționale privind metodele de prelucrare și de determinare a parametrilor fizico-chimici: pH, culoarea, turbiditatea, CCOCr, CBO₅, ionii de amoniu, azoțiți, azotați [5, 18] precum și clasificarea apelor de suprafață [12].

Conținutul total de solide dizolvate (TSD/mineralizarea) a fost calculat folosind ecuația [2]: $TSD (mg/L) = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} + (0,5 \cdot HCO_3^{-}) + Cl^{-} + SO_4^{2-} + NO_3^{-}$.

Conținutul amoniacului (NH₃) în apele evaluate a fost calculat prin formula [17]:

$$X, mg/L NH_3 = (C_{NH_3}, \%) \cdot A / 100\%,$$

unde $C_{NH_3}, \%$ este valoarea obținută la pH-ul și temperatura probei de apă; A , este conținutul (NH₄⁺ + NH₃), mg/L, determinat experimental în proba de apă cercetată.

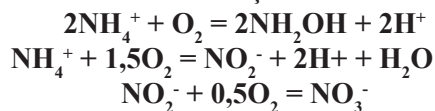
Corectitudinea lucrului analitic a fost verificată, folosind standardul intern.

Totalitatea proceselor naturale hidrologice, chimice, biochimice, ce au loc în apele naturale poluate sau slab poluate și joacă rolul de îmbunătățire a calității apei până la particularitățile și proprietățile unei ape naturale nepoluate constituie autoepurarea. Pentru determinarea capacității de autoepurare (CA) s-a folosit raportul CBO₅/CCO-Cr [25, 27].

Pentru evaluarea procesului de nitrificare din apele de suprafață a fost evaluat Indicele de nitrificare (I_{nitrif}) [26], care caracterizează intensitatea nitrificării ionilor de amoniu, ce are loc în condiții naturale în prezența biotei și al nivelului de poluare existent. Formula de calcul al I_{nitrif} în apele de suprafață implică concentrația azotului amoniacal, azotit și azotat (mg/L) din apa naturală:

$$I_{nitrif} = (N - NO_3 \cdot 100) : (N - NO_3^{-} + N - NO_2^{-} + N - NH_4^{+}).$$

Nitrificarea este procesul prin care se realizează oxidarea biochimică a amoniului cu ajutorul microorganismelor Nitrosomonas și Nitrobacter:



În procesul de nitrificare a ionilor NH₄⁺ în apele de suprafață în studiu soluțiile de apă naturală au fost expuse luminii solare (s-au exclus razele solare directe). Deoarece schimbarea conținutului de microorganisme în procesul biochimic în funcție de viteza procesului nu are caracter liniar, rezolvarea analitică a problemei s-a realizat urmărindu-se concentrațiile ionilor NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ și valoarea pH-ului [18, 20, 21, 23].

La prelucrarea statistică a datelor obținute s-a procedat în primul rând la calcularea parametrilor statistici: media aritmetică, eroarea mediei, nivelul de confidență 95%, utilizând aplicația Descriptive Statistics din Microsoft Excel [10].

Rezultate și discuții

Poluarea apelor de suprafață și a celor subterane este cauzată, în cele mai multe cazuri, de sectorul gospodăriei comunale (stațiile de epurare, apele uzate, deversările apelor neepurate din sistemul comunal, managementul neadecvat al deșeurilor menajere solide în toate localitățile), sectorul agrar (dejecțiile animaliere acumulate în acumulate, depozitele de pesticide etc.), sectorul energetic, bazele de produse petroliere, stațiile de alimentare cu petrol, alte surse, care prezintă focare de poluare continuă. Volumul apelor uzate, epurate insuficient, deversate în obiectivele acvatice din republică s-a majorat din 2002 până în 2016 de la 18,9 mln m³ până la 26,0 mln m³, dar volumul apelor fără epurare s-a mărit de la 0,5 mln m³ până la 2,0 mln m³.

În r-nul Anenii Noi cca 60% din complexele de evacuare și epurare a apelor uzate funcționează insuficient și cca 40% nu funcționează, fiind lipsa epurarea normativă. Depozite de deșeurii în raion în 2018 erau în total 104, dintre care 22 fiind exploatate, 49 - gunoiști stihionice, iar 33 unități au fost lichidate [1].

Utilizând practica acumulată în alte state, este necesar ca autoritățile publice locale să dispună de o infrastructură viabilă de colectare, de un program echilibrat privind gestionarea deșeurilor. Noile sisteme integrate de management al deșeurilor vor cuprinde colectarea și transportul deșeurilor, stații de transfer a deșeurilor, stații de sortare și compostare și depozite regionale de deșeurii.

Menținerea și reglarea regimului hidrologic (cantitativ și calitativ) în bazinele acvatice este una din funcțiile ecologice ale pădurii [24]. Împădurirea versanților și a zonelor de protecție a râurilor sunt măsuri necesare, care contribuie semnificativ nu numai la consolidarea terenurilor și diminuarea alunecărilor de teren, dar și la îmbunătățirea calității apei, păstrarea biodiversității și arhitecturii peisagistice. În Planul de Gestionare a Districtului Bazinului Hidrografic Nistru [11] se specifică că bazinul hidrografic al r. Bâc este acoperit cu doar 45797 ha (20,69%) de păduri, care nesemnificativ asigură regimul lui stabil.

Calitatea apei r. Bâc, lacului Ghidighici și fl. Nistru (amonte și aval de revărsarea r. Bâc).

Reieșind din legătura reciprocă a apelor din natură s-a evaluat, pentru comparație, componența și starea ecologică a apelor de suprafață (râuri) din r-nul Anenii Noi: fl. Nistru cu albie majoră (amonte și aval de revărsarea r. Bâc); r. Bâc cu o albie minoră (aval or. Strășeni, până la deversarea în fl. Nistru); lacul Ghidighici (la baraj). Deoarece plantele acvatice au un rol deosebit în ecosistemele acvatice, s-a studiat apa din lacul Ghidighici, după stufăriș.

Componența fizico-chimică, CA, I_{nitrif} și IPAcc ai apelor cercetate este expusă în tabelul 1.

S-a constatat că în ambele anotimpuri de primăvară și toamnă apele au parametri practic similari cu deosebirea apei din r. Bâc și fl. Nistru aval de revărsarea r. Bâc. Apa din fl. Nistru după parametrii fizico-chimici și capacitatea de autoepurare se încadrează în clasa I-III de calitate (bună – moderat poluată), cu excepția apei din fl. Nistru, aval de

revărsarea r. Bâc, unde apa este de calitate III-IV (moderat poluată-poluată). Indicele de poluare a apei (IPAcc,%) [19] din fl. Nistru variază de la 68 la 86% (stare bună) cu excepția apei aval de revărsarea r. Bâc, unde IPAcc are valoarea de 50-55% (poluare medie).

Tabelul 1. Parametrii fizico-chimici, CA, I_{nitri} și IPAcc ai apelor fl. Nistru, r. Bâc și lacului Ghidighici (anotimpul de primăvară și toamnă, Pr./T.).

| Parametrii / proba | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------|------------|---------|-----------|---------|-------|
| pH | 8,1 | 7,7/7,6 | 7,75 | 7,4/7,6 | 7,95 | 8,1 |
| Duritatea, mg.echv/L | 4,6 | 6,1/4,8 | 14,7 | 9,7/6,8 | 9,8 | 10,4 |
| Ca ²⁺ , mg/L | 62 | 67/60 | 132 | 89/76 | 42 | 52 |
| Mg ²⁺ , mg/L | 18 | 33/22 | 97 | 63/36 | 92 | 93 |
| Na ⁺ + K ⁺ , mg/L | 37 | 88/92 | 154 | 253/164 | 178 | 163 |
| Cl ⁻ , mg/L | 27 | 57/49 | 104 | 120/104 | 99 | 96 |
| SO ₄ ²⁻ , mg/L | 91 | 156/112 | 294 | 393 | 345 | 321 |
| HCO ₃ ⁻ , mg/L | 213 | 314/293 | 763 | 555/573 | 461 | 497 |
| CCO-Cr, mg/LO | 19,3 | 51,4/109,3 | 52,8 | 123/252 | 33,6 | 45,6 |
| CBO ₅ , mg/LO | 7,9 | 12,2/27,4 | 16,3 | 21,5/60,5 | 9,4 | 9,1 |
| NH ₄ ⁺ , mg/L | 0 | 7,35/7,29 | 2,9 | 33,9/32,6 | 0,23 | 0,12 |
| NO ₂ ⁻ , mg/L | 0,05 | 0,2/0,1 | 0,55 | 0,28/0,03 | 0,03 | 0,07 |
| NO ₃ ⁻ , mg/L | 4,2 | 3,5/5,5 | 20,2 | 2,9/1,8 | 0,26 | 0,36 |
| PO ₄ ³⁻ , mg/L | 0,16 | 2,6/0,37 | 6,2 | 4,8/1,6 | 0,37 | 0,29 |
| Reziduu fix, mg/L | 345 | 561/495 | 1182 | 1199/750 | 986 | 973 |
| CA | 0,41 | 0,24/0,25 | 0,12 | 0,17/0,24 | 0,28 | 0,2 |
| I_{nitri} , % | 94 | 13/18 | 66 | 2,6/1,6 | 26 | 42 |
| | bună | nesatisf. | medie | nesatisf. | satisf. | medie |
| IPAcc, % | 71 | 55/50 | 39 | 43/46 | 62 | 61 |
| Calitatea apei | bună | medie | Poluată | | medie | |
| 1 – fl. Nistru, amonte revărsarea r. Bâc; 2 - fl. Nistru, în aval de revărsarea r. Bâc; 3 – r. Bac, aval de or. Strășeni; 4. r. Bac, s Gura Bâcului, gura de vărsare în fl. Nistru; 5 - Lacul Ghidighici la baraj; 6 - Lacul Ghidighici după stufăriș. | | | | | | |

Apa r. Bâc are un IPAcc de la 39% (aval or. Strășeni) la 43-46% (la revărsarea în fl. Nistru), deci este de clasa IV-V (poluată-foarte poluată).

În lacul Ghidighici se îmbunătățește starea ecologică a apei din r. Bâc (rolul pozitiv al stufărișului la intrarea în lac), având un IPAcc de 61-62% (clasa III, poluare medie).

Capacitatea de autoepurare a apei din fl. Nistru amonte de revărsarea r. Bâc are valori de la 0,4 la 0,51 (autoepurare medie), iar în aval de revărsarea r. Bâc și r. Bâc are un nivel mic de autoepurare (de la 0,12 la 0,28)

Indicele de nitrificare a apei (I_{nitri}) din fl. Nistru, amonte de revărsarea r. Bâc, are valori de 94% (nitrificare eficientă), aval de revărsarea r. Bâc fiind mic de doar 13-18%. Nitrificarea este de la medie la mică pe cursul r. Bâc (26-66%), practic lipsind în apa râului la deversarea în fl. Nistru (1,6-2,6%) (tab. 1).

În anexa nr. 4 din Planul de Gestionare a Districtului Bazinului Hidrografic Nistru [11] este specificat că după parametri fizico-chimici, microbiologici și hidrobiologici apa din r. Bâc în aval de or. Strășeni până la s. Gura Bâcului este, în marea majoritate, de clasa V de calitate (foarte poluată). Consecința poluării apei r. Bâc este constatată și în studiul biotei din apă, biocenozele acvatice fiind în stare degradată și grav afectată în ecosistem [4].

Evaluarea procesului de nitrificare în apa din r. Bâc și fl. Nistru amonte și în aval de revărsarea r. Bâc.

Etapa $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ de nitrificare în proba de primăvară din r. Bâc până la deversarea în fl. Nistru a fost cu durată de 16 zile, iar $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ din proces (probele din primăvară) a durat până la 36 de zile. Procesul de nitrificare are loc similar celui din apa recoltată și în luna septembrie cu excepția apei r. Bâc până la deversarea în fl. Nistru, în care din cca 33 mg/L NH_4^+ s-au format 129,5 mg/L NO_2^- (fig. 1), cea ce este pericolos pentru biota acvatică, dar și fiind consumată o cantitate mare de oxigen [9].

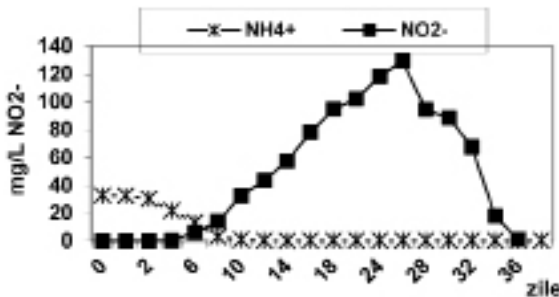


Figura 1. Etapele $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ și $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ în procesul de nitrificare în apa din r. Bâc până la deversarea în fl. Nistru

Etapa $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ în procesul de nitrificare în apa din fl. Nistru a fost cu durată de la 16 zile (aval de revărsarea r. Bâc) până la 26 de zile (amonte revărsarea r. Bâc). Etapa $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ din proces a durat de la 18 zile (aval de revărsarea r. Bâc) până la 24 de zile (amonte revărsarea r. Bâc) (fig. 2).

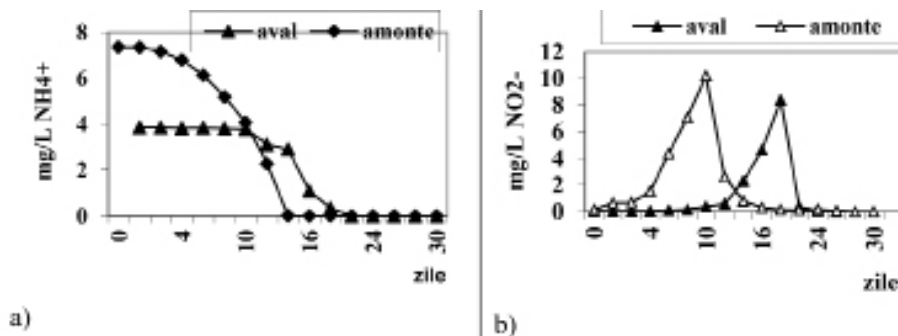
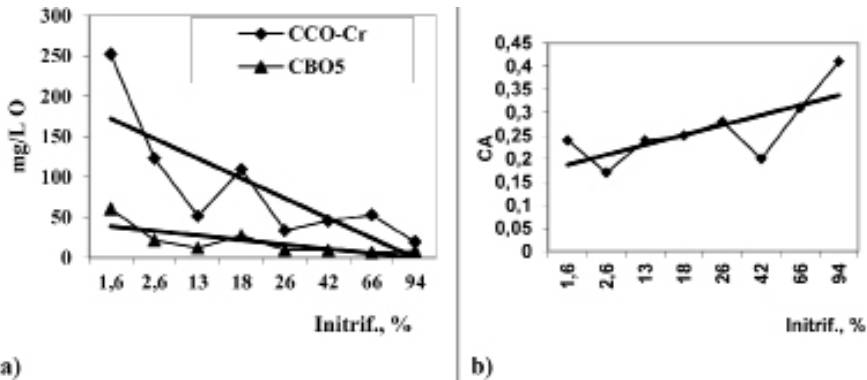


Figura 2. Etapele $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ (a) și $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ (b) în procesul de nitrificare a ionilor de amoniu în apa din fl. Nistru amonte și în aval de revărsarea r. Bâc.

Studiul realizat demonstrează că nitrificarea ionilor de amoniu în mediul natural, reieșind din valoarea indicelui de nitrificare a apei din fl. Nistru și r. Bâc, este influențată de conținutul substanțelor degradabile chimic (CCO-Cr) și biochimic (CBO_5), și capacitatea de autoepurare ($\text{CBO}_5/\text{CCO-Cr}$), corelația clasificată fiind ca mare (R^2 variază între 0,5082 și 0,6301) (fig. 3).

În rezultatul procesului de nitrificare a 33 mg/L compuși ai amoniului din apa r. Bâc s-au format 168 mg/L ioni NO_3 . Deci la un debit mediu anual de apă al râului de $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ [13] se deversau în fl. Nistru cca 33 000 mg/sec compuși ai amoniului.

Este necesar de specificat și prezența amoniacului (NH_3) în apa r. Bâc, concentrația căruia doar la valori de 0,0011-0,089 mg/L este fără efect asupra mediului [16]. La 15°C din 32,6-33,9 mg/L $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ era amoniac liber 0,21-0,35 mg/L (deversat în fl. Nistru 210-350 mg/sec), iar la 20°C erau 0,3-0,5 mg/L NH_3 (deversat în fl. Nistru 300-500 mg/sec), depășind de 2,5-5,5 ori valoarea de securitate pentru ape emisii intermitente de 0,089 mg/L NH_3 .



$$\text{CCO-Cr}, y = -24,679x + 196,93, R^2 = 0,6301;$$

$$\text{CBO}_5, y = -5,6131x + 44,546, R^2 = 0,5706.$$

$$\text{CA}, y = 0,0214x + 0,1661, R^2 = 0,5082.$$

Figura 3. Corelarea indicelui de nitrificare a ionilor de amoniu cu valoarea CCO-Cr, CBO_5 (a) și capacitatea de autoepurare (b) din ape.

Amoniacul din ape este foarte toxic pentru mediul acvatic cu efecte pe termen lung. De exemplu, toxicitatea cronică la pește, LOEC (73 Zile), este de 0,022 mg/L NH_3 [8]. Însă în normativele naționale nu este specificată monitorizarea conținutului amoniacului liber în apele de suprafață din Republica Moldova și clasificarea apei conform concentrației de NH_3 .

Concluzii

1. Apa din fl. Nistru amonte de revărsarea r. Bâc după parametrii fizico-chimici și CA se încadrează în clasa I-III de calitate (bună – moderat poluată), iar aval de revărsarea r. Bâc apa este de calitatea III-IV (moderat poluată-poluată).
2. Apa din r. Bâc în aval de or. Strășeni până la s. Gura Bâcului este, în marea majoritate, de clasa IV-V de calitate (poluată-foarte poluată).
3. În amonte de revărsarea r. Bâc capacitatea de autoepurare a apei din fl. Nistru este medie, iar în aval de revărsarea r. Bâc și din r. Bâc este de nivel mic.
4. Nitrificarea este eficientă în apa din fl. Nistru, amonte de revărsarea r. Bâc (94%), aval de revărsare fiind mică (13-18%) și de la medie la mică pe cursul r. Bâc (26-66%), cu excepția apei din r. Bâc la deversarea în fl. Nistru, unde ea practic lipsește (1,6-2,6%).
5. Procesul de nitrificare a ionilor de amoniu în mediul natural, reieșind din valoarea indicelui de nitrificare a apei din fl. Nistru și r. Bâc, este influențat de conținutul substanțelor prezente în apă degradabile chimic (CCO-Cr) și biochimic (CBO_5), și capacitatea de autoepurare ($\text{CBO}_5/\text{CCO-Cr}$), corelația clasificată fiind ca mare.

6. În finalul procesului de nitrificare a 33 mg/L ioni NH_4^+ s-au format 168 mg/L ioni NO_3^- . La un debit mediu anual de apă al râului Bâc de 1 m^3/sec se deversau în fl. Nistru cca 33 000 mg/sec NH_4^+ , din care se formau cca 168 000 mg/sec NO_3^- .

7. S-a constatat prezența amoniacului în apa r. Bâc: la 15°C din 32,6-33,9 mg/L $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ erau amoniac liber 0,21-0,35 mg/L, iar la 20°C erau 0,3-0,5 mg/L NH_3 , toxicitatea cronică la pește fiind de 0,022 mg/L.

Rezultatele prezentate sunt din cercetarea realizată în proiectul aplicativ 15.817.02.21A: „Evaluarea integrată a impactului antropoc usupra ecosistemelor reprezentative în scopul conservării și extinderii Ariilor Naturale Protejate de Stat în contextul cerințelor Directivelor UE” (a. 2019 – r-nul Anenii Noi).

Bibliografie

1. Anuarul IPM – 2018 “Protecția mediului în Republica Moldova”. Chișinău, Pontos, 2019, 348 p. ISBN 978-9975-72-346-6.
2. APHA, (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edn., American Public Health Association, Washington. ISBN 0875530478.
3. *Belingher Mihaela-Liliana, Chimerele Mircea-Eleodor*. Sursele de azot și bazele procesului de nitrificare-denitrificare. Analele Universității “Constantin Brâncuși” din Târgu Jiu, Seria Inginerie, 2011, nr. 2, p. 196-203.
4. *Bulat Denis, Ciornea Victor, Bulat Dumitru*. Starea ihtiofaunei râului Bâc în anul 2018. Studia Universitatis Moldaviae. Seria “Științe reale și ale naturii”. 2018, nr.6(116), p. 14-19. ISSN 1814-3237. ISSN online 1857-498X.
5. Catalogul standardelor naționale ale Republicii Moldova : [în 2 vol.]/Inst. Naț. De Standardizare (INS). Publicație oficială. Chișinău, 2014. Vol. 1, 2014, 920 p. ISBN 978-9975-9526-5-1.
6. Directiva 2000/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei.
7. Directiva 78/659/CEE a Consiliului din 18 iulie 1978 privind calitatea apelor dulci care trebuie să fie protejate sau îmbunătățite pentru a se întreține viața piscicolă.
8. Fișa cu date de securitate. Amoniac. Data Emiterii: 16.01.2013. Data ultimei revizii: 02.07.2018. Versiunea: 0.0 Nr. SDS: 000010021772 1/18.
9. *Garrido, J., W. van Benthum, M. van Loosdrecht, and J. Heijnen*. Influence of dissolved oxygen concentration on nitrite accumulation in a biofilm airlift suspension reactor. Biotechnol. Bioeng., 1997, nr. 53, p. 168-178. DOI:10.1002/(SICI)1097-0290(19970120)53:2<168::AID-BIT6>3.0.CO;2-M.
10. *Hopkins, W. G.* (2000). A new view of statistics. Internet Society for Sport Science: <http://www.sportsci.org/resource/stats/>.
11. Hotărârea Guvernului nr. 814 din 17 octombrie 2017 cu privire la aprobarea Planului de Gestionare a Districtului Bazinului Hidrografic Nistru”. Monitorul Oficial nr. 371-382 din 27.10.2017, art. nr. 942.
12. Hotărârea Guvernului nr. 890 din 12.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață. Monitorul Oficial din 22.11.2013, nr. 262-267, art. nr. 1006.
13. https://ro.wikipedia.org/wiki/R%C3%A2ul_B%C3%A2c.
14. *Mustea Mihai*. Raport-sinteză privind situația ecologică în bazinul râului Bâc. http://www.comunicate.md/upload/6744_Raport-sinteza_sit-ecologica-r_Bic.pdf.
15. *Robescu Diana, Szabolcs Lányi, Verestoy Attila, Robescu Dan*. Modelarea și simularea proceselor de epurare. București: Editura Tehnică, 2004, ISBN 973-31 -2241-6.
16. S.C. GA-PRO-CO. CHEMICALS S.A FS 01/2011. Fișa de securitate amoniac. <https://www.gaproco.ro/Fisa%20securitate%20NH3%20GHS-CLP.pdf>.

17. Sandu M. Metodă de calcul al conținutului amoniacului din apele naturale (ghid practic). Chișinău, CEP USM, 2005, 20 p.
18. Sandu Maria, Lupascu Tudor, etc. Method for nitrate determination in water in the presence of nitrite. Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry. 2014, 9(2), 8-13.
19. Sandu Maria, Tăriță Anatol, etc. Indicele de poluare a apelor de suprafață. Studiu de caz – apele de suprafață din Ocolul silvic Hârjauca (Ghid științifico-practic), Chișinău, 2017, 38 p. ISBN: 978-9975-110-78-5.
20. SM SR EN 26777:2006. Calitatea apei. Determinarea conținutului de nitriți. Metoda prin spectrometrie de absorbție moleculară.
21. SM SR ISO 10523:2011. Calitatea apei. Determinarea pH-lui.
22. SM SR ISO 5667-6:2011. Calitatea apei. Prelevare. Partea 6: Ghid pentru prelevările efectuate în râuri și alte cursuri de apă.
23. SM SR ISO 7150-1:2005. Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu. Partea 1: Metoda spectrometrică manuală.
24. Workshop on Forests and Water. 12-14 may 2009. Antalya, Turkey. Forests and Water. <http://www.ogm.gov.tr/Forestsandwater/indexru.htm>.
25. Леїте В. Определение органических загрязнений в питьевых, природных и сточных вод. Пер. с нем. Ю.И.Вайнштейн. М.: Химия, 1975, 200 с.
26. Савельев О. В., Чеснокова С. М. Оценка допустимой антропогенной нагрузки малых водотоков по их самоочищающей способности. Проблемы региональной экологии, 2011, № 1, с. 6–12.
27. Синельников В. Е. Механизм самоочищения водоемов. М., Стройиздат, 1980, 112 с.