

STAREA ACTUALĂ A REGIMULUI DE OXIGEN AL FLUVIULUI NISTRU PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA (2024 - 2025)

Olga JURMINSKAIA, ORCID: 0009-0002-8005-3577,

Nina BAGRIN*, ORCID: 0000-0003-4816-4349

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

*Autor corespondent, e-mail: nina.bagrin327@gmail.com

Rezumat

Lucrarea prezintă rezultatele de cercetare a parametrilor regimului de oxigen din sectorul moldovenesc al Nistrului în perioada 2024-2025 (toamnă-primăvară-vară), cu scopul de a identifica tendințele sezoniere/spațiale ale variabilității acestora în condiții actuale de exploatare a potențialului fluviului Nistru. Rezultatele obținute au evidențiat o tendință îngrijorătoare de transformare a Nistrului într-un ecosistem lentic ca urmare a reglării debitului de către Complexul Hidroenergetic Dnestrovs, chiar și în condiții de secetă hidrologică, ceea ce duce la scăderea vitezei curgerii și la invadarea albiei râului de alge și macrofite. În ciuda faptului că fluviul Nistru este orientat geografic evident de la nord-vest la sud-est, caracterul variabilității parametrilor regimului de oxigen al acestui fluviu pe teritoriul Republicii Moldova nu prezintă la momentul dat o dinamică sezonieră sau spațială clar exprimată.

Cuvinte-cheie: fluviul Nistru, regimul de oxigen, funcționarea ecosistemului acvatic.

Introducere

Compoziția chimică a apelor de suprafață naturale este complexă și depinde de echilibrul atins cu caracteristicile fizice, chimice și biologice ale mediului înconjurător. Prin urmare, nu poate exista o calitate standard a apelor de suprafață; fiecare apă naturală va avea o compoziție specifică. Fiind de acord cu autorii acestei afirmații [1], trebuie adăugat că caracteristicile geomorfologice joacă, de asemenea, un rol important în formarea compoziției chimice a apei din bazinele hidrografice de suprafață. Starea ecologică a apelor dulci utilizate pentru aprovizionarea cu apă potabilă este o problemă prioritară la scară globală în contextul schimbărilor climatice - pe de o parte, și, pe de altă parte, consumul tot mai mare al acestei resurse în procesele tehnologice, inclusiv pentru răcirea serverelor din Centrele de date, care se înmulțesc în întreaga lume cu o viteză alarmantă. Pentru un Centru de date mediu cu o capacitate IT de 2-3 MW (care utilizează, de exemplu, un Chiller Fan Coil System pentru răcire), aceasta înseamnă zeci de mii de litri cubi de apă răcită [2]. Toată apa utilizată de populație și agenții economici este deversată înapoi în corpurile de apă de suprafață. Aceasta perturbă echilibrul ecologic, pentru restabilirea căruia ecosistemul acvatic va trebui să activeze toate procesele de autopurificare (fizice, chimice și biologice), inclusiv sedimentarea, aerarea, absorbția, fotoremedierea, oxidarea chimică, descompunerea microbiană etc.

Fluviul Nistru traversează teritoriul Republicii Moldova de la nord-vest la sud-est pe o lungime de aproximativ 660 km, dintre care 142,5 km formează frontiera cu Ucraina. Suprafața Districtului Bazinului Hidrografic Nistru în interiorul țării este de 19 233 km², pe care trăiesc cca 2,635 milioane de locuitori ai orașelor și satelor republicii [3]. Volumul anual al debitului Nistrului în perioada 1980-2022 a variat de la 6 km³ la 12 km³, cu media multianuală de 9,2 km³.

Conform datelor prezentate în [3], clasa de calitate a apei Nistrului în perioada 2017-2022 a variat de la III (moderat poluată) la IV (poluată), dar apa afluenților Răut, Bâc și Botna se încadrează ocazional în clasa de calitate V (foarte poluată).

În cadrul Subprogramului 01.07.01 USM (2024-2027) și proiectului "ECOTOX" (2024-2026), pe baza potențialului științific al Laboratorului de Hidrobiologie și Ecotoxicologie al Institutului de Zoologie, au fost efectuate cercetări complexe în sectorul moldovenesc al Nistrului, inclusiv zonele de confluență cu râurile Răut, Bâc și Botna. Argumentarea cercetărilor a fost determinată de problemele actuale legate de starea ecologică a ecosistemelor acvatice din Republica Moldova. Astfel, evaluarea funcționării ecosistemului fluviului Nistru în condițiile schimbărilor climatice și sub influența factorilor biotici și abiotici a fost identificată ca obiectivul lucrării prezentate.

Materiale și metode

Materialul cercetărilor a fost constituit din probe de apă prelevate în cursul expedițiilor 2024-2025 pe sectorul moldovenesc al Nistrului și la gurile de vărsare ale celor trei afluenți de pe partea dreaptă – râurile Răut, Bâc și Botna.

După reglarea fluviului Nistru la mijlocul secolului trecut prin construirea barajului CHE Dubăsari și crearea lacului de acumulare Dubăsari pe teritoriul RSSM și apoi construirea Complexului Hidroenergetic Dnestrovsc (CHED) și crearea lacului de acumulare Dnestrovsc pe teritoriul RSSU, regimul hidrologic al fluviului Nistru în limitele Republicii Moldova (Naslavcea – Palanca) și-a pierdut caracteristicile naturale. De atunci, sectorul moldovenesc al Nistrului nu mai este omogen din punct de vedere hidrologic. De la Camenca până la barajul CHE – este lacul de acumulare Dubăsari, cu o lungime de 130 km, situat în partea de mijloc a Nistrului. Tronsonul superior (Naslavcea – Camenca) se află în aval de CHED, iar tronsonul inferior (Dubăsari – Palanca) se află în aval de CHE Dubăsari. Rezultatul modificărilor hidromorfologice cauzate de construcțiile hidrotehnice este întreruperea conectivității longitudinale a râului și modificarea părții de amonte într-o acumulare de apă, în timp ce regimul hidrologic al părții de aval este controlat de operatorii construcțiilor hidrotehnice [3].

În ciuda faptului că lacul de acumulare Dubăsari este unul cu debit curgător, regimul de oxigen din acesta are specificul său și nu este luat în considerare în lucrarea de față. Pentru evaluarea parametrilor regimului de oxigen, au fost selectate: tronsonul Naslavcea – Camenca, unde se află gura de vărsare a râului Răut, și tronsonul Vadul lui Vodă – Palanca, unde se află gurile de vărsare ale râurilor Bâc și Botna (Tabelul 1).

Tabelul 1. Localitatea și coordonate prelevării probelor în cursul expedițiilor 2024 - 2025

<i>Locul de prelevare</i>	<i>Latitudine nordică (N)</i>	<i>Longitudine estică (E)</i>
<i>Naslavcea</i>	48°29'13.8"	27°34'28.2"
<i>Vălcineț</i>	48°27'11.8"	27°43'24.0"
<i>Soroca</i>	48°08'21.6"	28°18'21.5"
<i>Camenca</i>	48°00'49.8"	28°42'10.6"
<i>r. Răut, zona de confluență</i>	47°15'07.7"	29°08'09.7"
<i>Vadul lui Vodă</i>	47°05'19.8"	29°05'21.5"
<i>r. Bâc, zona de confluență</i>	46°54'42.5"	29°28'00.5"
<i>Varnița</i>	46°52'55.2"	29°29'00.0"
<i>r. Botna, zona de confluență</i>	46°46'37.1"	29°33'39.4"
<i>Palanca</i>	46°24'39.3"	30°07'55.7"

Regulamentul național care reglementează cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață [4] include un set de parametri hidrochimici, grupați în categoria "Starea regimului de oxigen", respectiv: oxigenul dizolvat (O₂, mg/L), saturația oxigenului (O₂, %), consumul biochimic de oxigen (CBO₅, mgO/L), consumul chimic de oxigen (CCO-Cr, mgO/L). Variabilitatea parametrilor regimului de oxigen a fost analizată dintr-o perspectivă sezonieră, pentru a elucida starea actuală a Nistrului pe teritoriul Republicii Moldova. Având în vedere că concentrația de oxigen din apele de suprafață este direct legată de temperatura apei, precum și faptul

că activitatea fotosintetică a fitoplanctonului contribuie la acidificarea apei, parametri temperatură și pH au fost luați în considerare pentru a discuta rezultatele obținute.

Temperatura apei a fost măsurată în situ folosind termometrul hidrologic cu o precizie de 0,1°C. În paralel, au fost înregistrate valorile temperaturii apei indicate de pH-metrul portativ CONSORT C5030. Rezultatul măsurării pH-ului în apă prin metoda electrometrică [5] nu este influențat de culoare, turbiditate, clor liber sau prezența substanțelor reducătoare sau oxidante, dar depinde de temperatura probei. Prin urmare, programele de monitorizare a ecosistemelor acvatice se reglementează măsurarea pH-ului la locul de prelevare a probelor. A fost utilizat pH-metrul portativ CONSORT C5030 cu electrodul de referință și electrodul sensibil combinate într-un senzor cu membrană de sticlă. Acest model de analizator asigură o compensare automată a temperaturii probei în timpul măsurării pH-ului prin conectarea sondei de temperatură Pt1000. Calibrarea pH-metrului a fost efectuată în condiții de laborator cu trei soluții de tampon: pH = 4,00 – 7,00 – 10,00.

Determinarea conținutului de oxigen dizolvat a fost efectuată prin metoda iodometrică lui Winkler [6] care necesită fixarea oxigenului în probă de apă imediat după prelevarea acestuia, deci fixarea oxigenului se efectuează la fața locului. În paralel, la momentul de prelevare a probelor, concentrația oxigenului a fost măsurată cu Multi-sensor Measuring Instrument MS 08.

Determinarea consumului biochimic de oxigen în probe de apă a fost efectuată prin metodele standardizate cu incubarea eșantionului timp de 5 zile la 20°C, la întuneric, în sticle închise ermetic cu dopuri șlefuite. Standardul EN ISO 5815-1 [7] reprezintă versiunea metodei pentru probe diluate și însămânțate care se aplică tuturor tipurilor de apă cu consumare biochimică a oxigenului de la 3 până la 6000 mgO/L. Standardul EN 1899-2 [8] reprezintă versiunea metodei pentru probe nediluate care se aplică pentru apele cu consumare biochimică a oxigenului de la 0,5 până la 6 mgO/L. Biota microbiană, prezentă în mod natural în apele de suprafață, consumă oxigen dizolvat în timpul și după prelevare a probelor. Prin urmare, este extrem de important să se înceapă analiza cât mai curând posibil. În apa din fluviul Nistru, determinarea CBO₅ a fost efectuată în probe naturale, fără filtrare și diluare, dar cu sifonarea apei printr-o plasă cu ochiurile de 0,45 mm pentru a reține zoo- și fitoplanctonul. Apa din afluenți, în special din râul Bâc, în unele cazuri a trebuit să fie diluată. Incubarea probelor s-a efectuat în incubatorul FOC 120E la o temperatură de 20°C.

Consumul chimic de oxigen cu dicromat de potasiu (CCO-Cr) reprezintă un indicator integrativ al gradului de încărcare organică a probei de apă, care reflectă cantitatea totală de substanțe oxidabile fără a diferenția între compușii biodegradabili și refractari. Parametrul este utilizat pe scară largă în evaluarea calității apelor naturale și a celor reziduale, constituind un reper esențial pentru monitorizarea poluării organice și pentru aprecierea eficienței proceselor de epurare. Determinarea CCO-Cr a fost efectuată conform standardului ISO 6060:2006 [9], care se bazează pe oxidarea compușilor organici și anorganici oxidabili cu dicromat de potasiu în mediu puternic acid (H₂SO₄). Pentru eliminarea interferențelor cauzate de conținutul clorurilor în apa analizată până la 300 mg/L, a fost utilizat sulfat de argint, iar la valori clorurilor mai ridicate s-a recurs la sulfat de mercur. Intervalul de variație a valorilor CCO-Cr în probele colectate din fluviul Nistru nu a depășit 80 mgO/l, de aceea pentru determinare s-a utilizat dicromatul de potasiu cu concentrația de 0,025 mol-echivalent/L (0,025 N). Probele de apă din afluenți, în special din râul Bâc, au fost determinate cu diluare.

Calitatea apei și starea actuală a regimului de oxigen din ecosistemele acvatice studiate a fost estimată conform *Regulamentului* național cu privire la cerințele de calitate pentru apele de suprafață [4]. Pentru identificarea factorilor care au impact negativ asupra stării ecosistemului fluviului Nistru, a fost implicată o analiză comparativă a rezultatelor obținute.

Rezultate

Evaluarea stării regimului de oxigen al fluviului Nistru, inclusiv zonele de confluență cu afluenții din dreapta Răut, Bâc și Botna, a fost realizată pe baza rezultatelor de prelucrare a peste 230 de probe colectate în perioada 2024-2025. Unele dintre rezultate sunt prezentate în Tabelul 2 sub aspect sezonier.

Tabelul 2. Variabilitatea parametrilor fizico-chimici ai apei Nistrului în funcție de sezon

<i>Locul de prelevare</i>	<i>T °C</i>	<i>pH un. pH</i>	<i>O₂ mg/L</i>	<i>O₂ %</i>	<i>CBO₅ mgO/L</i>	<i>CCO-Cr mgO/L</i>
Septembrie 2024						
<i>Naslavcea</i>	17,6	7,93	4,25	43,3	0,87	14,1
<i>Vălcineț</i>	18,8	8,74	11,17	116,4	0,13	15,6
<i>Soroca</i>	21,3	9,03	9,07	98,8	1,90	18,0
<i>Camenca</i>	20,6	8,85	8,55	92,1	1,17	17,2
<i>Vadul lui Vodă</i>	22,5	8,21	6,64	74,0	0,40	14,8
<i>Varnița</i>	22,9	8,21	7,02	78,7	2,58	30,5
<i>Palanca</i>	23,0	8,04	5,66	63,6	1,57	25,0
<i>min / max</i>	17,6 / 23,0	7,9 / 9,0	4,3 / 11,2	43,3 / 116,4	0,13 / 2,58	14,1 / 30,5
Martie 2025						
<i>Naslavcea</i>	5,2	8,38	11,14	86,8	0,60	20,8
<i>Vălcineț</i>	5,8	8,43	13,10	103,6	0,74	21,9
<i>Soroca</i>	7,8	8,09	11,80	97,9	7,10	31,7
<i>Camenca</i>	6,5	8,33	12,23	98,4	1,98	24,1
<i>Vadul lui Vodă</i>	6,7	8,44	11,86	95,8	1,13	26,3
<i>Varnița</i>	7,0	8,00	11,13	90,5	3,00	42,7
<i>Palanca</i>	9,3	8,33	10,25	88,0	1,08	29,5
<i>min / max</i>	5,2 / 9,3	8,0 / 8,4	10,3 / 13,1	86,8 / 103,6	0,60 / 7,10	20,8 / 42,7
Iunie 2025						
<i>Naslavcea</i>	11,6	8,10	9,12	82,3	0,59	15,3
<i>Vălcineț</i>	12,8	8,19	10,87	100,6	0,79	19,1
<i>Soroca</i>	16,6	8,49	9,78	97,7	2,07	24,9
<i>Camenca</i>	18,1	8,49	9,43	97,0	0,98	32,5
<i>Vadul lui Vodă</i>	16,9	8,80	7,48	75,2	1,22	18,2
<i>Varnița</i>	21,5	8,32	7,25	79,3	1,17	15,3
<i>Palanca</i>	21,4	8,51	7,11	77,6	1,40	21,0
<i>min / max</i>	11,6 / 21,5	8,1 / 8,8	7,1 / 10,9	75,2 / 100,6	0,59 / 2,07	15,3 / 32,5

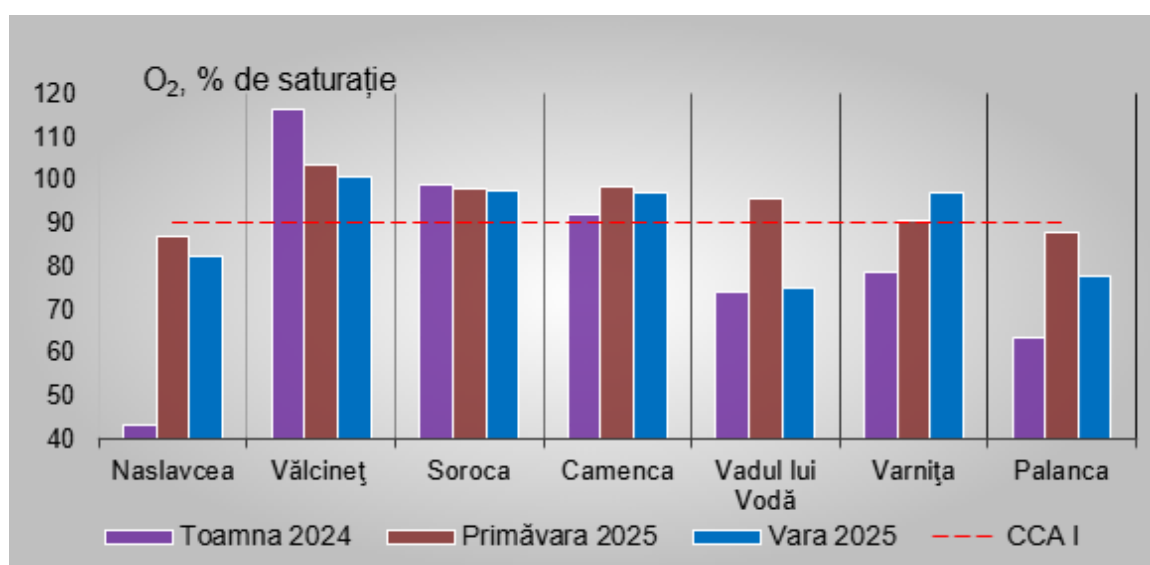
Parametrii fizico-chimici ai ecosistemelor acvatice naturale sunt caracterizați de diferite niveluri de variabilitate. De exemplu, compoziția minerală a cursului de apă, determinată de structura morfologică a albiei și de compoziția acviferului corespunzător, este destul de conservativă. Regimul de temperatură al corpurilor de apă care nu sunt supuse poluării termice corelează direct cu condițiile meteorologice din ecoregiune. Starea de acidificare este influențată de diferiți factori, inclusiv climatici, biotici și antropici. Parametrii regimului de oxigen sunt dependenți de anumiți factori, dar, în același timp, pot fi determinanți pentru alți parametri ai habitatului acvatic. De exemplu, solubilitatea oxigenului în apă scade odată cu creșterea temperaturii, adică, în condiții de referință, corelația dintre conținutul de oxigen și temperatura apei este bine exprimată și invers direcționată. În ecosistemele acvatice ale Republicii Moldova, zonele cu condiții de referință sunt practic inexistente, astfel încât rezultatul analizei de corelație a parametrilor interdependenți poate fi imprevizibil (Tab. 3).

Tabelul 3. Matricea coeficienților de corelație a parametrilor fizico-chimici din apa Nistrului

Parametri	$T, ^\circ\text{C}$	$pH, \text{un. } pH$	$O_2, \text{mg/L}$	$CBO_5, \text{mgO/L}$	$CCO-Cr, \text{mgO/L}$
Toamna 2024					
$T, ^\circ\text{C}$	1				
$pH, \text{unități } pH$	-0,09	1			
$O_2, \text{mg/L}$	-0,10	0,86	1		
$CBO_5, \text{mgO/L}$	0,54	-0,01	-0,21	1	
$CCO-Cr, \text{mgO/L}$	0,68	-0,24	-0,15	0,82	1
Primăvara 2025					
$T, ^\circ\text{C}$	1				
$pH, \text{unități } pH$	-0,34	1			
$O_2, \text{mg/L}$	-0,58	0,29	1		
$CBO_5, \text{mgO/L}$	0,35	-0,75	0,02	1	
$CCO-Cr, \text{mgO/L}$	0,48	-0,88	-0,41	0,49	1
Vara 2025					
$T, ^\circ\text{C}$	1				
$pH, \text{unități } pH$	0,49	1			
$O_2, \text{mg/L}$	-0,73	-0,47	1		
$CBO_5, \text{mgO/L}$	0,47	0,54	-0,16	1	
$CCO-Cr, \text{mgO/L}$	0,17	0,33	0,33	0,30	1

Discuții

Concentrația de oxigen din apa Nistrului în perioada analizată demonstrează o corelație naturală cu temperatura apei, adică invers direcționată și, în unele cazurilor, destul de puternică: $r = -0,58$ primăvara și $-0,73$ vara. Coeficientul de corelație între acești parametri calculat pe baza rezultatelor din expediții de toamnă scade brusc până la $r = -10$. Motivul acestei scăderi este ilustrat clar în Figura 1.

**Figura 1. Variațiile sezoniere ale concentrației de oxigen dizolvat în apa Nistrului**

După cum se constată din datele prezentate, intervalul de variație a conținutului de oxigen în apa Nistrului a fost de 43,3–116,4 (% de saturație) în septembrie, 86,8–103,6 (%) în martie și 75,2–100,6 (%) în iunie. Astfel, cea mai mare amplitudine a variațiilor parametrului pe profilul longitudinal al fluviului a fost înregistrată în septembrie. Valoarea minimă și cea maximă a acestei amplitudini sunt asociate cu două locații din partea superioară a tronsonului, și anume Naslavcea și Vălcineț. Deficitul de oxigen dizolvat în cursul de apă care intră pe teritoriul Republicii Moldova prin albia Nistrului este cauzat de funcționarea CHED [10-12]. În perioadele de secetă hidrologică (adesea la sfârșitul verii, în august-septembrie), problema deficitului de oxigen în această locație se agravează, ceea ce a fost confirmat în cadrul prezentului studiu.

La punctul de prelevare Vălcineț, situat la doar 16 km în aval, conținutul de oxigen era deja de 116 % din saturație, ceea ce nu corespunde temperaturii apei la momentul prelevării probelor. Suprasaturația locală cu oxigen dizolvat în zona fotică a cursului de apă are loc ca urmare a activității fotosintetice a macrofitelor și algelor. Rezultate similare sunt prezentate în lucrarea lui Kovalyshyna (2021) referitoare la estuarul Nistrului, unde s-au înregistrat concentrații oxigenului de 120-140 (%) în sectoarele acvatice în care se află o zonă largă de vegetație de macrofite [13].

Rezultatele cercetărilor obținute în cursul expedițiilor din 2025 în bazinul fluviului Nistru demonstrează o situație atipică, când concentrația de oxigen dizolvat în timpul verii (la valori corespunzătoare ale temperaturii apei) este mai ridicată decât în primăvară, și atinge 90-100 % de saturație (Fig. 2). Acest fapt nu este un motiv de bucurie, deoarece indică că pe teritoriul Republicii Moldova există deja zone în care fl. Nistru s-a transformat într-un ecosistem lentic din cauza debitului redus de apă, a scăderii vitezei și a creșterii algelor și macrofitelor în albia sa.

Consecințele schimbărilor climatice creează probleme cu disponibilitatea apei dulci la scară globală [14]. Tendința stabilă de scădere a cantității de precipitații și de creștere a temperaturii medii anuale, observată în ultimul deceniu, are un impact direct asupra condițiilor de formare a debitului în bazinul hidrografic al fluviului Nistru [13]. În Republica Moldova, aceste probleme afectează, în primul rând, râurile mici. Iernile fără zăpadă, creșterea intensității evaporării și secetele hidrologice provoacă scăderea debitului chiar și al afluenților mari ai Nistrului și, adesea, uscarea acestora. Astfel, în vara și toamna anilor 2024-2025, în zona de vărsare a râului Botna nu a existat apă (Fig. 2). Reducerea debitului agravează și starea ecologică a râurilor. În bazinul Nistrului, starea râului Bâc este deosebit de îngrijorătoare: în ceea ce privește conținutul de oxigen, calitatea apei la gura de vărsare nu corespunde adesea nici chiar clasei V. Deficitul de oxigen cauzat de acest afluent este restabilit de ecosistemul Nistrului, așa cum se arată în Figura 2, pe măsură ce poluanții organici și anorganici se mineralizează și concentrația lor în apa scade. Potențialul de autopurificare al fluviului Nistru este destul de înalt [15] și este asigurat de funcționarea tuturor componentelor biotice și abiotice ale acestui ecosistem.

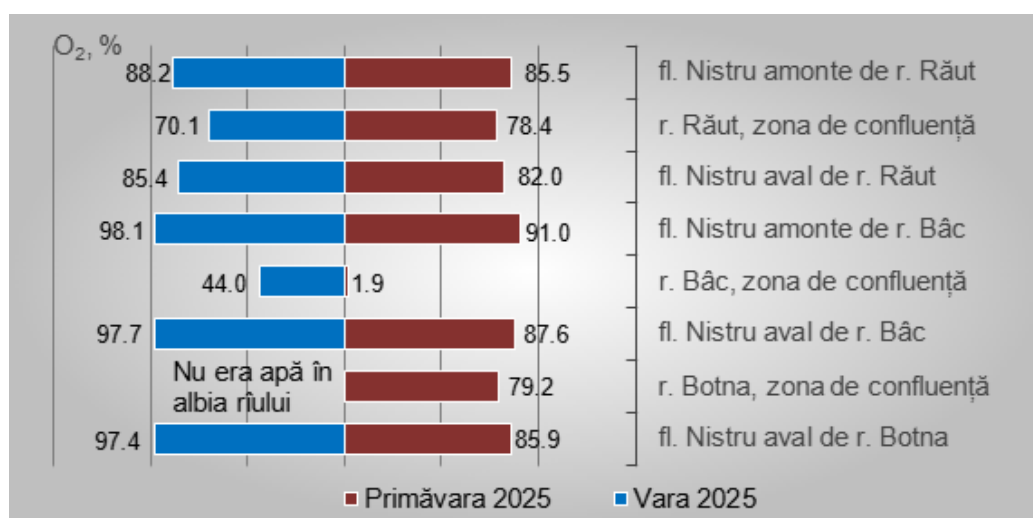


Figura 2. Analiza comparativă (primăvara și vara) a conținutului de oxigen în apa Nistrului și în zonele de confluență ale râurilor Răut, Bâc și Botna

Valorile CBO_5 au variat în intervalul 0,13–2,58 (mgO/L) toamna, 0,60–7,10 (mgO/L) primăvara și 0,59–2,07 (mgO/L) vara fără nicio dinamică sezonieră. Cea mai mică valoare, 0,13 mgO/L, înregistrată în septembrie la stația Vălcineț (Fig. 3), a corespuns celei mai mare valoare a oxigenului dizolvat în același timp și în același punct de monitorizare (Fig. 1). Rezultatul este destul de așteptat, având în vedere faptul că prezența oxigenului în habitatul crește eficiența de mineralizare a substanțelor biodegradabile, realizată de microflora acvatică oxifilă.

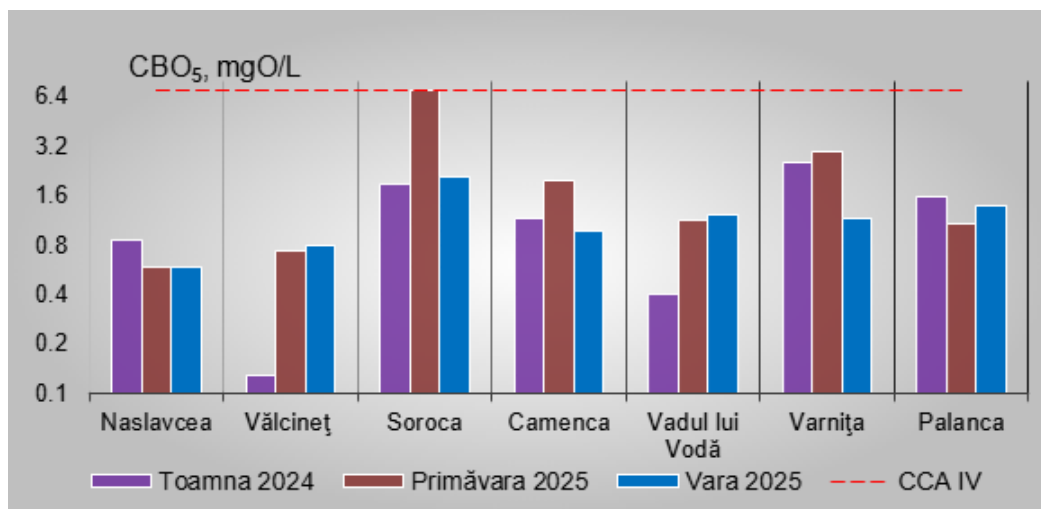


Figura 3. Variațiile sezoniere ale parametrului CBO_5 în apa Nistrului

Concentrația substanțelor biodegradabile în proba colectată din locația Soroca a corespuns clasei de calitate IV (apa poluată). Acest rezultat nu corelează cu concentrația de oxigen dizolvat, care a fost mai mult de 90 % de saturație (Fig. 1). La o astfel de concentrație a oxigenului, eficiența de oxidare biochimică cauzează scăderea valorilor CBO_5 ^[1]. Coeficientul de corelație dintre conținutul de oxigen și valoarea parametrului CBO_5 demonstrează acest fenomen în probele de toamnă ($r = -0,23$) și în cele de vară ($r = -0,16$), dar este perturbat în probele de primăvară ($r = 0,02$). Acest fapt permite să concluzionăm că microflora heterotrofă, care asigură biodegradarea substanțelor organice, a fost inhibată de unele poluante chimice cu efect bactericid. Rezultatul obținut pentru parametrul CCO-Cr în același punct de prelevare confirmă această concluzie. (Fig. 4).

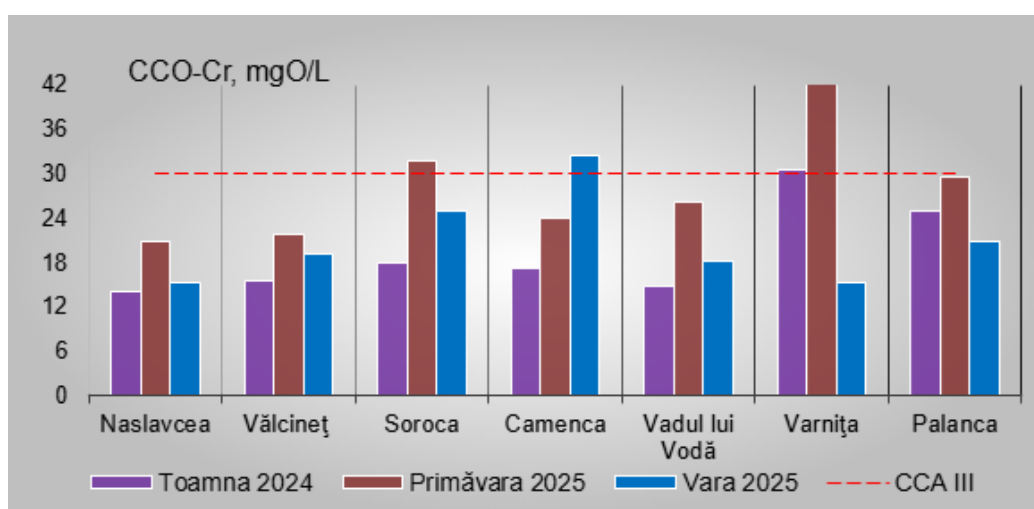


Figura 4. Variațiile sezoniere ale parametrului CCO-Cr în apa Nistrului

^[1] Principiul de aerare controlată este utilizat în tehnologia de epurare biologică a apelor uzate

Parametrul CCO-Cr, care indică prezența substanțelor organice și anorganice oxidabile cu dicromat de potasiu, a variat în probele colectate în intervalul 14,1–30,5 (mgO/L) toamna, 20,8–42,7 (mgO/L) primăvara și 15,3–32,5 (mgO/L) vara fără a evidenția tendințe sezoniere sau spațiale (Fig. 4). La fel ca parametrul CBO₅, valorile CCO-Cr demonstrează o corelație directă cu temperatura apei și una inversă cu parametrii pH și oxigen dizolvat. Cu toate acestea, în vara anului 2025, tendința s-a inversat și a devenit egală pentru ambele perechi de date: $r_{\text{CCO-pH}} = r_{\text{CCO-O}_2} = 0,33$. Acest rezultat indică că, în condițiile temperaturilor estivale, regimul de oxigen al ecosistemului Nistrului este supus unor încărcări mai mari, determinate de reducerea debitului și, în consecință, de creșterea concentrației substanțelor poluante. Calitatea apei fluviului Nistru în funcție de parametrul CCO-Cr a variat în perioada analizată în limitele claselor II–III. Se înregistrează și depășiri locale ale valorii-limită de clasa III, așa cum s-a constatat în eșantionarea de toamnă la stația Varnița (42,7 mgO/L). Punctul de prelevare a probelor din această zonă se află la o distanță de doar 7 km în aval de gura de vărsare a râului Bâc, a cărui calitatea apei, conform unor parametri hidrochimici, după cum s-a menționat mai sus, nu corespunde nici chiar clasei V. Problema stării ecologice nefavorabile a corpurilor de apă din bazinul hidrografic al Nistrului pe teritoriul Republicii Moldova nu a apărut astăzi. Conform datelor aferente anului 2021, prezentate în *Planul de gestionare a Districtului Bazinului Hidrografic Nistru* [3], starea ecologică a afluenților Răut, Bâc și Botna a corespuns clasei de calitate V. Din cele 3,35 mii t de substanțe organice biodegradabile acumulate de corpurile de apă din bazinul Nistrului, 74 % (2,47 mii t) au provenit din scurgerile râului Bâc.

Despre depășirea concentrațiilor admisibile ale clasei V privind parametrii chimici în zona transfrontalieră a fluviului Nistru, în aval de teritoriul RM, declară și cercetătorii ucraineni [16], constatând că la postul hidrometric Bilyaivka, concentrația de surfactanți a depășit valoarea-limită a clasei V, adică apa Nistrului a corespuns categoriei "foarte murdară". În același timp, parametrii regimului de oxigen din această locație corespund valorilor-limite ale clasei I (CBO₅ = 2,85 mgO/L, oxigen dizolvat = 9,29 mg/L). Această neconcordanță a estimărilor, chiar și în cadrul unui grup de indicatori de calitate (în acest caz, parametrii fizico-chimici), indică impactul cumulativ al multor factori, inclusiv biotici, climatici și antropici, asupra stării ecosistemelor acvatice și funcționării acestora în condițiile actuale.

Concluzii

Caracteristicile fizico-chimice ale habitatului acvatic (transparența și temperatura apei, viteza curgerii, conținutul de oxigen dizolvat, natura substratului etc.) au o importanță deosebită pentru funcționarea durabilă a ecosistemelor fluviale. Lucrarea prezintă rezultatele de cercetare a parametrilor regimului de oxigen din sectorul moldovenesc al Nistrului în perioada hidrologică toamnă-primăvară-vară, cu scopul de a identifica tendințele sezoniere/spațiale ale variabilității acestora în condiții actuale de exploatare a potențialului fluviului Nistru.

Conținutul de oxigen dizolvat în apa Nistrului pe parcursul celor trei sezoane analizate a variat de la 4,3 la 13,1 (mg/L). Cea mai scăzută valoare a fost înregistrată la stația Naslavcea în septembrie 2024, iar cea mai înaltă la stația Vălcineț în martie 2025. S-a confirmat că, după Complexul Hidroenergetic Dnestrovsc din Ucraina, pe teritoriul Republicii Moldova intră un curs de apă al cărui regim de temperatură și de oxigen corespunde categoriei "*corp de apă puternic modificat*". Cu excepția locației Naslavcea, calitatea apei în ceea ce privește conținutul de oxigen dizolvat în sectorul studiat al Nistrului a variat între clasele I și II.

Valorile parametrilor CBO₅ și CCO-Cr au corelat în mod stabil cu temperatura apei (corelație pozitivă, destul de puternică), dar nu s-a manifestat nicio tendință în corelația cu concentrația de oxigen din apă. Intervalul de variație al parametrului CBO₅ a fost de 0,13-7,10 (mgO/L), iar al parametrului CCO-Cr 14,1-42,7 (mgO/L). Clasa de calitate a apei din fluviul Nistru, conform acestor parametri, a corespuns în majoritatea cazurilor clasei I pentru CBO₅ și claselor II-III pentru CCO-Cr. În cazul poluării punctiforme locale sau scurgerilor pluviale, clasa de calitate a apei Nistrului poate scăde până la clasa IV (CBO₅, Soroca, primăvara 2025).

Starea ecologică scăzută, corespunzătoare clasei de calitate V și mai slabă, este înregistrată în mod permanent pentru râul Bâc. Tendința stabilă de scădere a cantității de precipitații și de creștere a temperaturii medii anuale, observată în ultimul deceniu, are un impact direct asupra formării debitului râurilor din bazinul hidrografic al Nistrului. S-a constatat lipsa apei la vărsarea afluentului de dreapta – râului Botna – în sezoanele de vară și toamnă 2024-2025.

Rezultatele obținute au evidențiat o tendință îngrijorătoare de transformare a Nistrului într-un ecosistem lentic ca urmare a reglării debitului de către Complexul Hidroenergetic Dnestrovsc, chiar și în condiții de secetă hidrologică, ceea ce duce la scăderea vitezei curgerii și la invadarea albiei râului de alge și macrofite.

În ciuda faptului că fluviul Nistru este orientat geografic evident de la nord-vest la sud-est, caracterul variabilității parametrilor regimului de oxigen al acestui fluviu pe teritoriul Republicii Moldova nu prezintă la momentul dat o dinamică sezonieră sau spațială clar exprimată. Incoerența estimărilor privind clasele calității pentru parametrii din aceeași grupă indicatorilor de calitate relevă efectul cumulativ al mai multor factori (biotici, climatici și antropici) asupra stării ecosistemelor acvatice și funcționării acestora în condițiile actuale.

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 lentic", finanțat de Fondul Național de Mediu și implementat de AO Societatea Ecotoxicologilor din Republica Moldova.

Bibliografie

1. SVOBODOVA, Z.; LLOYD, R.; MACHOVA, J.; VYKUSOVA, B. Water quality and fish health. EIFAC Technical Paper. No. 54. Rome, FAO. 1993, P. 6. <https://www.it-world.ru/tech/k4vhwr2r69s0o8ok0os4scs08484csk.html>
2. Planul de gestionare a Districtului Bazinului Hidrografic Nistru, ciclul II (2024-2029). Ministerul Mediului al Republicii Moldova. Disponibil on line: https://www.mediu.gov.md/sites/default/files/Documente%20atasate%20Advance%20Pagines/Nistru_Plan%20ajustat%20dupa%20avizare.pdf
3. Regulamentul cu privire la cerințele de calitate pentru apele de suprafață. HG RM nr. 890 din 12.11.2013. În: Monitorul Oficial nr. 262 – 267, 22 noiembrie 2013. file:///C:/Users/Olga/Downloads/114535.pdf
4. SM SR EN ISO 10523:2014 Calitatea apei. Determinarea pH-lui. Chișinău: Institutul Național de Standardizare (INS), 2014. https://shop.standard.md/ro/search_standards?query=SM+SR+EN+ISO+10523%3A2014
5. SM SR EN 25813:2011/C91:2012 Calitatea apei. Determinarea conținutului de oxigen dizolvat. Metoda iodometrică. Chișinău: INSM, 2012. https://shop.standard.md/ro/search_standards?query=SM+SR+EN+25813%3A2011%20C91%3A2012
6. SM SR EN 1899-2:2007 Calitatea apei. Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBO_n). Partea 2: Metoda pentru probe nediluate. Chișinău: INSM, 2007. https://shop.standard.md/ro/search_standards?query=SM+SR+EN+1899-2%3A2007#
7. SM EN ISO 5815-1:2020 Calitatea apei. Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (BOD_n). Partea 1: Metoda prin diluare și însămânțare cu adăugare de alțiouree. Chișinău: Institutul de Standardizare din Moldova (ISM), 2020. https://shop.standard.md/ro/search_standards?query=SM+EN+ISO+5815-1%3A2020
8. SM SR ISO 6060:2006 Calitatea apei. Determinarea consumului chimic de oxigen. Chișinău: INSM, 2006. https://shop.standard.md/ro/search_standards?query=SM+SR+ISO+6060%3A2006
9. ZUBCOV, E.; JURMINSKAIA, O.; BAGRIN, N.; BORODIN, N.; ANDREEV, N. Dinamica parametrilor fizico-chimici în apele fluviului Nistru. In: ACADEMOS, Revistă de știință, inovare, cultura și arta Nr. 1 (44) 2017. Chișinău: Tipografia Centrală Î.S., 2017, pp. 48 – 53. file:///C:/Users/Olga/Downloads/Dinamicaparametrilorfizico-chimici inapelefluviuluiNistru.pdf
10. JURMINSKAIA, O.; BAGRIN, N.; ZUBCOV, E. Evaluarea schimbărilor componenței chimice și calității apei în bazinul hidrografic al fluviului Nistru. În: Materialele Simpozionului "Modificări funcționale ale ecosistemelor acvatice în contextul impactului antropic și al schimbărilor climatice". Chișinău, 6 noiembrie 2020, Chișinău, 2020, pp. 10 – 17. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/P-10-16.pdf

11. JURMINSKAIA, O.; BAGRIN, N.; ZUBCOV, E. The impact of climatic and technogenic factors on the seasonal dynamics of physico-chemical parameters in the Dniester and Prut rivers. În: *Oltenia Journal for Studies in Natural Sciences (Proceedings of the 30th International Conference of the Oltenia Museum)*, Tom. XXXIX, No. 2 / 2023, pp. 185 – 191. http://olteniastudiisicomunicaristiintelenaturii.ro/cont/39_2/IV.%20ECOLOGY%20-%20THE%20ENVIRONMENT%20PROTECTION/23.%20Jurminskaia.pdf
12. KOVALYSHYNA, S.; CHUZHEKOVA, T.; GRANDOVA, M.; ONISHCHENKO, E.; ZUBCOV, E.; UKRAINSKYI, V.; GONCHAROV, O.; MUNJIU, O.; NABOKIN, M.; ENE, A. Ecological conditions of the lower Dniester and some indicators for assessment of the hydropower impact. *Applied Sciences*, 2021, 11(21), pp. 1–33. <https://doi.org/10.3390/app11219900>.
13. *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. United Nations Publications: New York and Geneva, 2009. <https://www.unep.org/index.php?id=11658>
14. JURMINSKAIA, O. Assessing the potential of the Dniester River and its tributary to recover the oxygen concentration. În: *Transboundary Dniester River Basin management: platform for cooperation and current challenges*. Proceedings of International Conference, Tiraspol, October 26 – 27, 2017. Tiraspol: Eco-TIRAS, 2017, pp. 109 – 113. https://eco-tiras.org/books/dniester_web.pdf
15. SHAKHMAN, I.; BYSTRIANTSEVA, A. Spatio-Temporal Analysis of the Ecological State of the Dniester River Transboundary Water. În: *Journal of Ecological Engineering* 2021, 22(9), 119–127. <https://www.jeeng.net/pdf-141370-68168?filename=68168.pdf>