

# DINAMICA PARAMETRILOR FIZICO-CHIMICI ÎN APELE FLUVIULUI NISTRU

Doctor habilitat în biologie **Elena ZUBCOV**  
 Doctor în biologie **Olga JURMINSCHAI**  
 Doctor în biologie **Nina BAGRIN**  
 Doctor în biologie **Natalia BORODIN**  
 Doctor în biologie **Nadejda ANDREEV**  
 Institutul de Zoologie al AȘM

## THE DYNAMICS OF THE PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS IN THE WATER OF DNIESTER RIVER

**Summary.** Climate conditions and anthropogenic impact severely affected the Dniester river, during the last 50 years reducing the water level to the lowest possible degree. On the lower Dniester, the main flow was formed from the input of the tributaries and the underground waters and not the mountainous water in the lower sector of the river. This caused the change in water quality from the second type ( $C^{Ca}_{II}$ ) to the third type ( $C^{Ca}_{III}$ ) and to the magnesium group ( $C^{Mg}$ ). The Dniester River in Soroca became an area of environmental disaster (V grade) and Varnița-Palanca sector - an area of high environmental risk in the summer season. The ratio of N: P: C is far from the optimal value (1: 7: 40) and indicates a continuous pollution input with organic substances. Also, the extremely low biodegradation coefficient (self-purification), the increased biochemical oxygen demand ( $CBO_5$ ) and chemical oxygen demand ( $CCO_C$ ), due to the high bacterial destruction during the summer period, reveal the imbalance of the production-destructive processes and the intense organic pollution (IV-V<sup>th</sup> quality class).

**Keywords:** aquatic ecosystem, Dniester River, self-purification, chemical and biochemical oxygen demand, mineralization, nutrients.

**Rezumat:** Condițiile climaterice, precum și impactul antropoc, s-au reflectat grav asupra apei râului Nistru, al cărui nivel a fost cel mai mic din ultimii 50 de ani. Pe porțiunea cursului inferior al fluviului în formarea debitului de apă predomină afluenții și apele subterane, și nu apele muntoase, ceea ce a provocat metamorfozarea apei din tipul doi ( $C^{Ca}_{II}$ ) în tipul trei ( $C^{Ca}_{III}$ ) și în grupul magneziului ( $C^{Mg}$ ). Nistrul la Soroca este o zonă de dezastru ecologic (clasa V de calitate) și pe sectorul Varnița-Palanca – o zonă a riscului de mediu în sezonul de vară. Coraportul N:P:C este departe de cel optim (1:7:40) și denotă o poluare continuă cu substanțe organice. La fel, coeficientul de biodegradare (autoepurare) extrem de mic, consumul biologic de oxigen ( $CBO_5$ ) și chimic ( $CCO_C$ ) sporit, pe fondul destrucției bacteriene înalte în perioada estivală, relevă dezechilibrul proceselor producțional-destrucționale și poluarea organică (clasa IV-V de calitate).

**Cuvinte-cheie:** ecosistem acvatic, fluviul Nistru, autoepurare, consumul chimic și biochimic al oxigenului, mineralizarea, elemente nutritive.

## INTRODUCERE

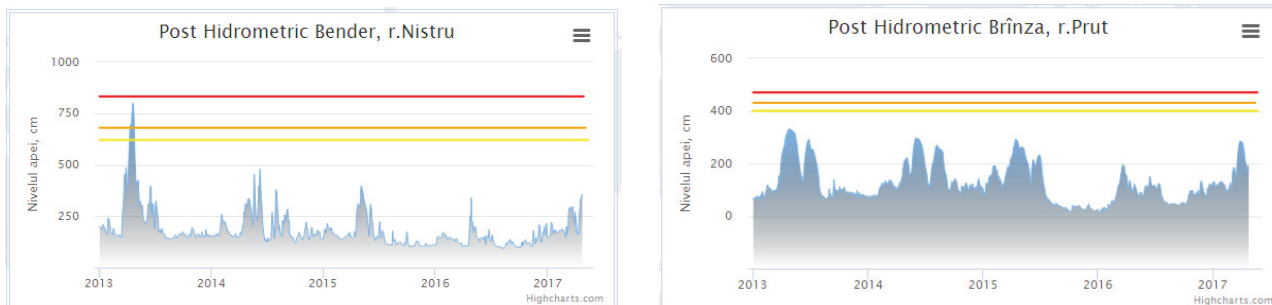
Fluviul Nistru, cea mai mare și importantă arteră acvatică pentru Republica Moldova, este o sursă de apă potabilă pentru 80% din populația țării. Astfel, gestionarea corectă și protecția resurselor de apă ale Nistrului este de o importanță primordială. Cele mai mari probleme pentru ecosistemul râului sunt legate de funcționarea complexului hidroenergetic nistrean (CHN) care include două centrale hidroelectrice (CHE-1 din anul 1983, CHE-2 din 1994–1995) și o centrală hidroelectrică de acumulare prin pompă (CHEAP), care are deja 3 turbine puse-n funcție și încă 4 ce vor fi incluse în viitorul apropiat (Zubcov, 2012).

În anii secetoși 2014–2015, Ucraina a acumulat un volum destul de mare de apă mai sus de barajul CHE-2 prin extinderea volumului lacului de tampon

(în prezent numit lacul tehnologic al CHEAP), care a fost adâncit și lărgit. În plus a fost implut lacul de acumulare nou construit al CHEAP. Din păcate, niciun document privind prevenirea consecințelor ecologice și economice pentru Republica Moldova în această perioadă nu a fost semnat, iar situația ecologică a fluviului Nistru s-a agravat dramatic. În primul rând, din cauza lipsei volumului necesar de apă în aval de barajul CHE-2. Mai apoi, au apărut problemele ce țin de aprovizionarea cu apă potabilă și a desecării afluenților și izvoarelor în bazinul hidrografic al fluviului.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

În anul 2016 a fost în Republica Moldova o iarnă caldă și o primăvară timpurie. S-au înregistrat temperaturi ridicate în lunile februarie și aprilie, iunie-au-



**Figura 1.** Analiza comparativă a nivelului apei în fl. Nistru și r. Prut, sectoarele inferioare, pentru anii 2013–2016 (sursă: www.meteo.md)

gust. La începutul decadei a III-a a lunii iulie în râuri s-a stabilit etiajul de vară – cel mai scăzut nivel al apei în ultimii cincizeci de ani. Debitul Nistrului în această perioadă a constituit numai 35-50 % din valorile medii multianuale (figura 1).

Modificările regimului hidrologic al fluviului (cauzat de factorii climaterici și antropici) afectează atât caracteristicile fizico-chimice ale cursului de apă, cât și starea ecosistemului integru. Observăm ca debitul apei Nistrului este puțin mai mare de cel al râului Prut în anul 2016 (figura 1). Este un fapt incredibil luând în considerare că scurgerea multianuală a fluviului Nistru (10-11 km<sup>3</sup>) este de 3-4 ori mai mare decât scurgerea r. Prut (2,4-2,9 km<sup>3</sup>). Ambele râuri izvorăsc în zona de vest din Carpații Ucraineni și de-a lungul cursului apele lor traversează în condiții climaterice asemănătoare. Astfel diminuarea debitului fluviului este provocat de funcționarea CHN și mai mult decât de condițiile climaterice.

*Starea regimului de oxigen* în apele de suprafață se evaluează pe baza parametrilor fizico-chimici, cum ar fi: oxigenul dizolvat (O<sub>2</sub>, conținutul și saturația), consumul biochimic de oxigen (CBO<sub>5</sub>) și consumul chimic de oxigen (CCO-Mn și CCO-Cr).

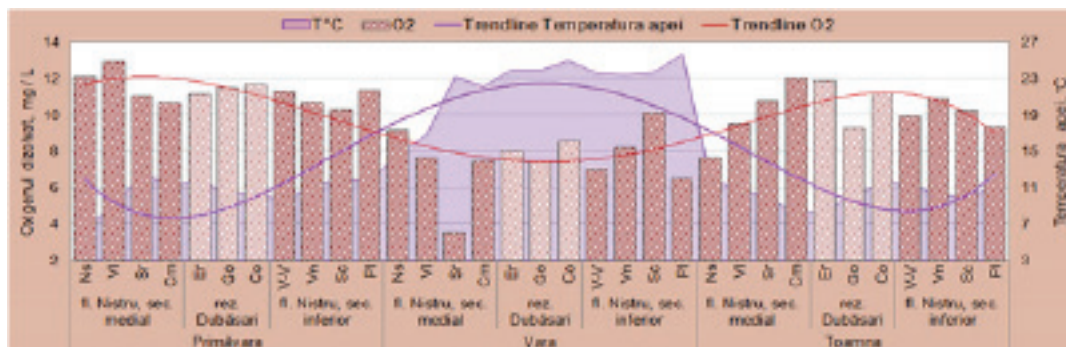
Dinamica sezonieră a saturației oxigenului se află într-o corelație inversă cu temperatura apei și este un rezultat de echilibru dinamic dintre procesele de producere și consum a oxigenului. Conținutul oxigenu-

lui dizolvat în apele fluviului Nistru a variat într-un diapazon destul de larg – 3,49-12,89 mg/l (39-115 % de saturație), în lacul de acumulare Dubăsari – 7,45-11,88 mg/l (81-103 % de saturație) și a corelat în mod natural cu schimbările sezoniere ale temperaturii apei (figura 2).

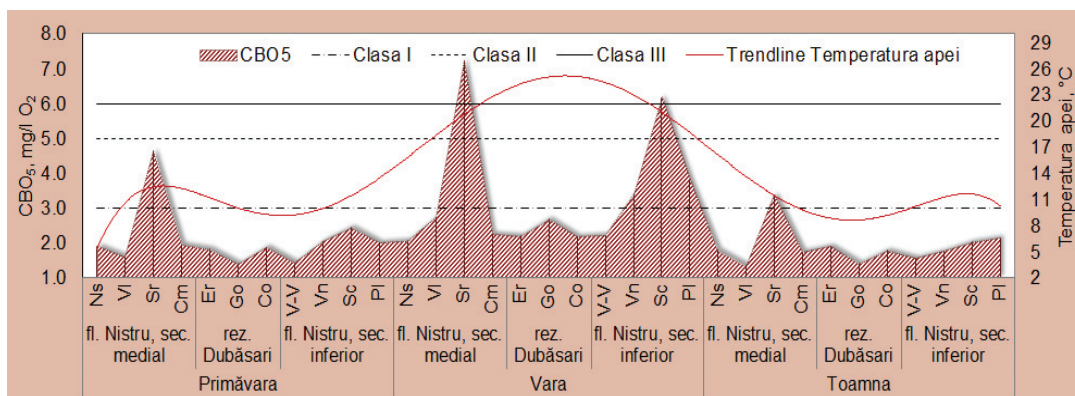
Primăvara conținutul oxigenului a corespuns clasei I de calitate, iar vara a scăzut până la clasele II și III. O situație critică a fost înregistrată în aval de stația Soroca: 3,49 mg/l O<sub>2</sub>. Aceasta corespunde clasei V de calitate și împreună cu volumul de apă extrem de mic fluviul Nistru atestă o *stare ecologică de risc cu o calitate a apei «foarte rea»*.

Determinarea *consumului biochimic de oxigen după cinci zile* (CBO<sub>5</sub>) a fost efectuată în proba naturală fără filtrare, decantare și diluare a apei. În acest caz, rezultatul determinării CBO<sub>5</sub> caracterizează nu numai nivelul de poluare a apei cu substanțe ușor biodegradabile, dar și prezența componentelor biotice (bacterioplancton, microfitoplancton și microzooplancton) –consumatori ai oxigenului dizolvat în perioada de incubare a probei (cinci zile). În condiții naturale, procesele de oxidare a substanțelor organice și anorganice sunt influențate și de factorii abiotici, cum ar fi temperatura apei, radiația solară, concentrația oxigenului dizolvat etc.

Valorile CBO<sub>5</sub> în zona investigată a fl. Nistru au variat în diapazonul 1,35-7,22 mg/l O<sub>2</sub>. Fluctuațiile



**Figura 2.** Dinamica sezonieră (2016) a oxigenului dizolvat și a temperaturii apei în fl. Nistru și în lacul Dubăsari: Ns – Naslavcea, Vc – Volcineț, Sr – Soroca, Cm – Camenca, Er – Erjovo, Gn – Goieni, Cr – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Vn – Varnița, Sc – Sucleia, Pl – Palanca

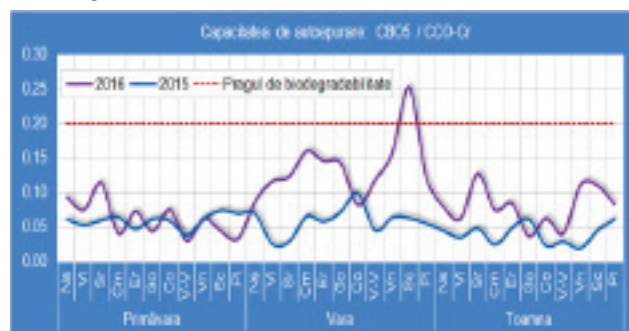


**Figura 3.** Dinamica sezonieră (2016) a valorilor  $CBO_5$  în fl. Nistru și lacul Dubăsari: Ns-Naslavcea, Vc – Volcineț, Sr – Soroca, Cm – Camenca, Er – Erjovo, Gn – Goieni, Cr – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Vn – Varnița, Sc – Sucleia, Pl – Palanca

sezoniere ale  $CBO_5$  (figura 3) corelează cu trendul temperaturii apei. Această corelație pentru ecosistemele acvatice trebuie să fie evidentă într-un interval de temperaturi suficient de larg (*viteza proceselor de biodegradare depinde direct de temperatură*).

Este evident că sectorul Nistrului la st. Soroca este o zonă de *dezastru ecologic* (clasa V, conform  $O_2$  și  $CBO_5$ ), mai ales, în perioada etiajului de vară. Sectorul Varnița – Palanca, de asemenea, este o *zonă a riscului de mediu în sezonul de vară*. Numai în lacul de acumulare Dubăsari starea ecologică pe parcursul anului 2016 corespunde clasei I și II de calitate.

*Capacitatea de autoepurare* este o proprietate naturală a ecosistemului acvatic care determină procesele de migrație a substanțelor organice și cele producțional-destrucționale. Nivelul de biodegradabilitate demonstrează eficacitatea de descompunere și oxidare a substanțelor organice. Valorile mari ale  $CBO_5$  denotă prezența substanțelor organice biodegradabile. Capacitatea de autoepurare poate fi estimată și prin indicele  $I_{CA} = CBO_5/CCO_{Cr}$ , care pentru ecosistemele fl. Nistru are valori foarte mici ( $I_{CA} < 0,2$ ) (figura 4).



**Figura 4.** Analiza comparativă (2015 și 2016) a indicelui de autoepurare al fl. Nistru: Ns – Naslavcea, Vc – Volcineț, Sr – Soroca, Cm – Camenca, Er – Erjovo, Gn – Goieni, Cr – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Vn – Varnița, Sc – Sucleia, Pl – Palanca

Numai într-un caz capacitatea de autoepurare a fluviului a depășit pragul de biodegradabilitate – la Sucleia în perioada de vară ( $I_{CA} = 0,25$ ). Procesul de autoepurare poate fi eficient când cota substanțelor biodegradabile constituie cel puțin 25 %; în anul curent în apele Nistrului cota lor a fost în medie de 10 % (3-25%).

Dezvoltarea durabilă a ecosistemelor acvatice este determinată de capacitatea lor de asimilare și de autoepurare. Conform metodologiei DCA/2000, sunt trei grupe de indicatori: elemente biologice, hidro-morfologice și chimice/fizico-chimice, dintre care elementele biologice formează grupa de bază în aprecierea stării apelor de suprafață. Rezultatul estimării stării ecosistemelor pe baza parametrilor fizico-chimici trebuie să fie generalizată cu alți parametri și, în primul rând, cu cei biologici. Analiza materialelor microbiologice, la fel arată că indexul de autoepurare ( $0,8 < P/R < 1,2$ ) a fost înregistrat numai pentru st. Goiani în sezonul de primăvară. În toate celelalte cazuri, capacitatea de autoepurare a fost minimă ( $P/R < 0,5$ ), dar la stațiile Cocieri și Vadul lui Voda productivitatea bacteriană a provocat procesele de autopoluare (figura 5) a ecosistemului acvatic ( $P/R > 2,5$ ).

Consumul chimic de oxigen cu mangan ( $CCO_{Mn}$ ) este un indice integral privind existența substanțelor organice ușor degradabile care indică, la rândul său, existența poluării alohtone permanente sau a celei autohtone cauzată de descompunerea organismelor acvatice sau a produselor lor metabolice. **În apele Nistrului** valorile  $CCO_{Mn}$  au oscilat în diapazonul 4,98-11,47 mgO/l (figura 6).

Consumul chimic de oxigen cu crom ( $CCO_{Cr}$ ) este un indice integral privind existența substanțelor organice greu degradabile, majoritatea fiind reprezentate de compuși acizilor humici. În apele fluviiale curate valorile  $CCO_{Cr}$  nu depășesc 4-10 mgO/l. În fluviul Nistru  $CCO_{Cr}$  variază în diapazonul 14,04-58,75 mgO/l, fiind maxime la Soroca și Palanca (figura 6).



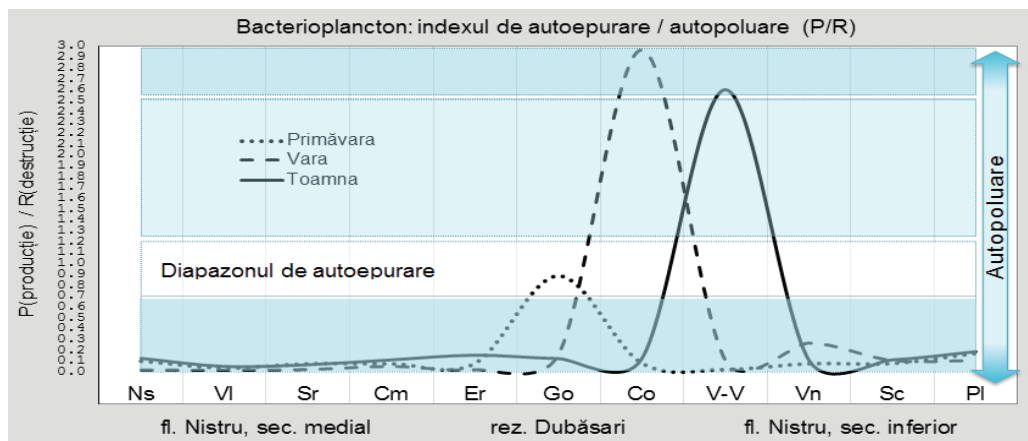


Figura 5. Analiza indicelui de autoepurare/autopoluare conform valorilor producției (P) și distrucției bacteriene

Conform clasificării lui Alekin (1973), raportul între consumul chimic de oxigen cu mangan și consumul chimic de oxigen cu bicromat mai mic de 0,40 ( $CCO_{Mn}/CCO_{Cr} \leq 0,40$ ) dovedește predominarea compușilor organici ușor degradabili. În majoritatea cazurilor, acest indice în râul Nistru s-a încadrat în intervalul 0,13-0,40, (figura 6). Apele fluviului, după valorile consumului chimic al oxigenului cu mangan ( $CCO_{Mn}$ ), sunt atribuite la clasa II-III de calitate (bună – moderat poluată), după  $CCO_{Cr}$  – la clasa III-IV (moderat poluată – poluată) și conform consumului bi-ochimic – la clasele II-V (bună – puternic poluată). Valorile maxime au fost înregistrate primăvara aproape pe tot cursul fluviului, vara – la Soroca, Sucleia Palanca și toamna – în sectorul Goieni, Vadul lui Vodă (tabelul 1). Evaluarea clasei finale de calitate a apei a fost efectuată conform principiului „cel mai defavorabil caz” (DCA/2000) (tabelul 1).

Primăvara-vara în fluviul Nistru cele mai mari cantități de substanțe organice dizolvate atât ușor degradabile, cât și greu degradabile au fost depistate la

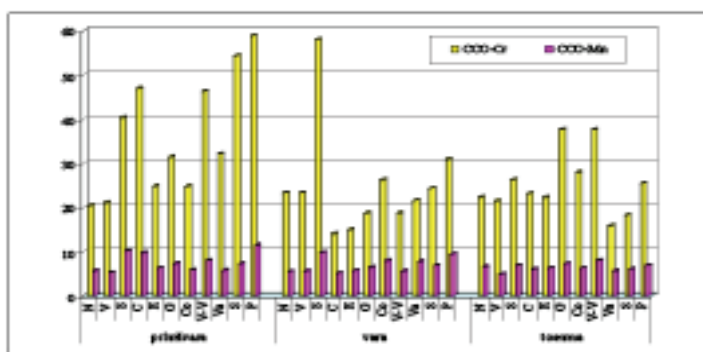


Figura 6. Dinamica sezonieră a consumului chimic de oxigen cu mangan ( $CCO_{Mn}$ ) și bicromat ( $CCO_{Cr}$ ) în apele fl. Nistru, 2016: N – Naslavcea, V – Volcineț, S – Soroca, C – Camenca, E – Erjovo, G – Goieni, Co – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Va – Varnița, S – Sucleia, P–Palanca,

Palanca și în peste 33% de cazuri conținutul materiei organice în apele fluviului a depășit 20 mg/l.

Investigarea *ionilor principali și mineralizării*, celor mai stabili sau conservativi indicatori ai stării ecologice a ecosistemelor acvatice, ne demonstrează o metamorfozare a apelor fl. Nistru din clasa hidrogenocarbonată, grupa calciului, tipul II ( $C^{Ca}_{II}$ ) în clasa hidrogenocarbonată, grupa sodiului în iulie (Palanca), iar în octombrie 2016 a fost înregistrată trecerea din tipul II ( $C^{Ca}_{II}$ ) în tipul III ( $C^{Ca}_{III}$ ) pe sectorul Cocieri – Vadul lui Vodă. Acesta înseamnă că conținutul hidrogenocarbonaților și sulfatilor este mai mic decât conținutul ionilor de calciu+magneziu, iar conținutul clorurilor este mai mare decât suma sodiului și potasiului. Valorile mineralizării au variat în limitele 327,2-474,5 mg/l, cu maximele – în aprilie și minimele – în octombrie (figura 7).

Metamorfozarea tipului apelor Nistrului, atunci când mineralizarea totală nu sporește, dovedește că debitul lor în sectorul medial și inferior este format, în mare parte, din surse locale (afuenți și ape subterane care, în majoritatea cazurilor, sunt de tipul III), în spe-

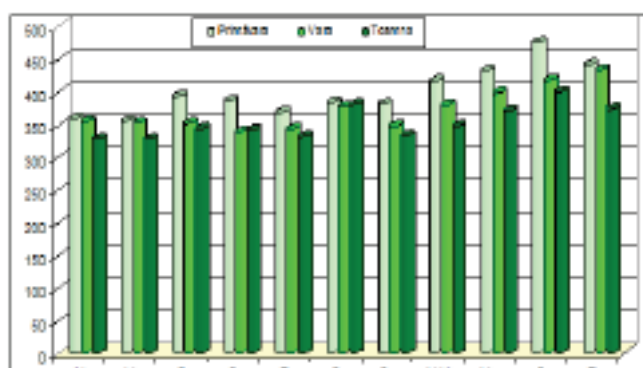


Figura 7. Dinamica sezonieră a mineralizării apelor fl. Nistru, 2016, N – Naslavcea, V – Volcineț, S – Soroca, C – Camenca, E – Erjovo, G – Goieni, Co – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Va – Varnița, S – Sucleia, P – Palanca, mg/l

Tabelul 1

Estimarea clasei de calitate a ecosistemei fl. Nistru conform consumului chimic al oxigenului de mangan ( $CCO_{Mn}$ ), de crom ( $CCO_{Cr}$ ) și celui biochimic ( $CBO_5$ ), anul 2016

	$CCO_{Mn}$	$CCO_{Cr}$	$CBO_5$	$CCO_{Mn}$	$CCO_{Cr}$	$CBO_5$	$CCO_{Mn}$	$CCO_{Cr}$	$CBO_5$	Clasa finală pe an
Fl. Nistru, lacul Dubăsari	primăvara			vara			toamna			
Naslavcea	II	III	II	II	III	II	II	III	II	III
Volcineț	II	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Soroca	III	IV	III	III	IV	V	III	III	III	V
Camenca	III	IV	II	II	II	II	II	III	III	IV
Erjovo	II	III	II	II	II	II	II	III	II	III
Goieni	III	IV	II	II	II	III	III	IV	III	IV
Cocieri	II	III	III	III	II	II	II	III	III	III
Vadul lui Vodă	III	IV	II	II	II	III	III	IV	IV	IV
Varnița	II	IV	III	III	III	II	II	III	III	IV
Sucleia	III	IV	II	II	III	IV	III	III	III	IV
Palanca	III	IV	III	III	IV	II	II	III	III	IV

cial, atunci când nivel apei în fluviu scade mai jos de nivelul admisibil din punct de vedere sanitar sau mai bine spus ecologic. Diminuarea alimentării fluviului cu apele de munte este un pericol ecologic pentru ecosistemul Nistrului medial și inferior.

Fluctuațiile concentrației carbonaților și hidrogenocarbonaților (167,8-228,8 mg/l), sulfatilor (46,9-88,1 mg/l), clorurilor (22,3-32,9 mg/l), ionilor de calciu (42,1-64,1 mg/l), magneziu (11,6-21,3 mg/l) în apele fluviului au avut un diapazon mare. Pe cursul fluviului Nistru, de la Naslavcea până la Palanca, a fost înregistrată o creștere semnificativă a ionilor de sodiu (până la 36 mg/l), provocate de schimbarea puternică a regimului hidrologic al fluviului.

Alt indicator important pentru caracteristica apei naturale este duritatea. De cele mai multe ori, apele Nistrului au fost considerate ca ape potabile cu duritate medie (3,25-4,90 mg\*echiv/l). Duritatea apei naturale depinde, mai ales, de prezența și coraportul sărurilor dizolvate ale calciului și magneziului. Raportul  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  în Nistru a variat în limitele 1,7-3,3. În 57,6% de cazuri ponderea magneziului în duritatea apei a fost mai mare de 30%, fiind stabilită o corelație mai evidentă între concentrația hidrogenocarbonaților și cea a ionilor de magneziu ( $r = 0,74$ ) decât între concentrația hidrogenocarbonaților și cea a ionilor de calciu ( $r = 0,26$ ), fapt care nu este caracteristic pentru apele Nistrului.

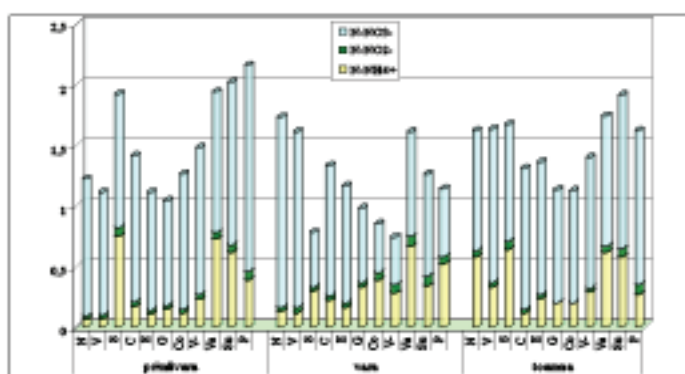


Figura 8. Concentrația compușilor de azot (ionii de amoniu –  $NH_4$ , nitrit –  $NO_2$ , nitrat –  $NO_3$ ), în apele Nistrului, anul 2016, N – Naslavcea, V – Volcineț, S – Soroca, C – Camenca, E – Erjovo, G – Goieni, Co – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Va – Varnița, S – Sucleia, P – Palanca, mg/l

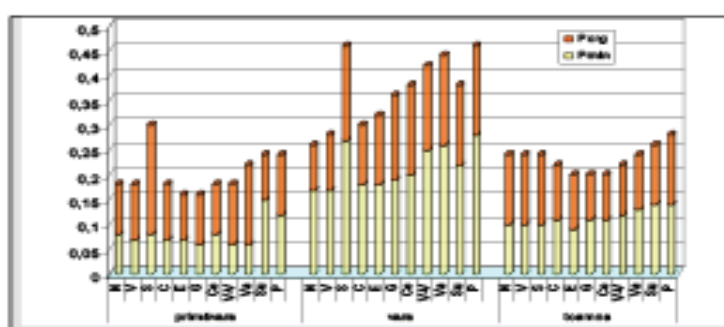


Figura 9. Concentrația fosforului mineral și organic în apele Nistrului, anul 2016, N – Naslavcea, V – Volcineț, S – Soroca, C – Camenca, E – Erjovo, G – Goieni, Co – Cocieri, V-V – Vadul lui Vodă, Va – Varnița, S – Sucleia, P – Palanca, mg/l

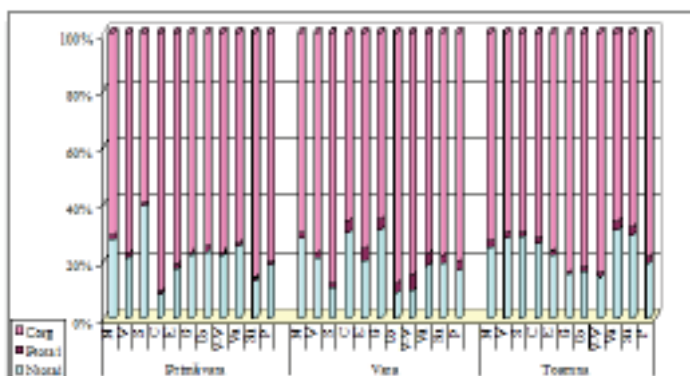


Figura 10. Raportul carbon : fosfor : azot în apele fl. Nistru, anul 2016

În conformitate cu cerințele de calitate reglementate de HG RM nr. 890 din 2013, apele fl. Nistru în 2016, după valorile mineralizării și durității se refera la clasele I-II, cu unele excepții, când conținutul sodiului și potasiului atinge clasa III – la Palanca.

Dinamica *elementelor nutritive* este un indice important pentru determinarea condițiilor trofice pentru comunitățile hidrobiologice. Cele mai înalte concentrații ale azotului mineral și organic au fost stabilite la Soroca și în sectorul Varnița-Palanca în fl. Nistru. Asemănătoare este și dinamica compușilor de fosfor mineral și organic (figurile 8, 9).

Conținutul azotului organic a oscilat în diapazonul 0,26-8,20 mg/l, fiind mai scăzut decât cel al azotului mineral, cu excepția stațiilor Soroca și Palanca în perioada de vară – pe tot cursul fluviului Nistru. Concentrațiile fosforului organic în Nistru le-au depășit pe cele ale fosforului mineral numai vara și toamna pe porțiunea Erjovo – Sucleia (figura 9).

Potrivit mai multor specialiști (Zilov E.A., 2006), raportul optim pentru funcționarea protoplasmei celulare este P:N:C = 1:7:40. Factor limitativ devine acel element, proporția căruia este mai mică decât raportul respectiv. În cazul fluviului Nistru, fosforul poate fi un element limitator (figura 10).

Faptul că conținutul carbonului depășește 60% din suma C+N+P în Nistru indică o poluare permanentă cu substanțe organice și un nivel scăzut al proceselor de destrucție a materiei organice și autoepurării în ecosistemul fluviului. Nivelul foarte mic în coraportul dat al fosforului demonstrează că el este un factor limitator pentru organismele acvatice, în special, pentru fito- și bacterioplanctonul care participă în circuitul fosforului în ecosistemele acvatice.

Raportul între azotul și fosforul mineral, la fel,

este un indice care determină intensitatea proceselor producționale. Potrivit unor cercetători, raportul  $N_{min}:P_{min} < 10$  denotă deficitul de azot sau dezvoltarea abundentă a unor grupe de alge acvatice, raportul  $10 \leq N_{min}:P_{min} < 17$  indică limitarea concomitentă de către azot și fosfor, iar  $N_{min}:P_{min} \geq 17$  – fosforul este un element limitator, alți cercetători afirmă că raportul N/P=16,1 este optim, constatând că atunci când N/P=28, relația între valorile producție primare și N/P lipsește (Walter K. Dodds, Val H. Smith, 2016).

În apele Nistrului acest coraport este minimal vara (mai jos de 10), fiind maxim la Soroca–Camenca(20-24), Varnița–Sucleia (25-32) primăvara.

Aceste investigații stau la baza determinării parametrilor limitatori pentru funcționarea ecosistemelor acvatice, evaluarea potențialului ecosistemelor, fluxurilor migrației biogene a substanțelor chimice și sunt importante inclusiv pentru valorificarea rațională a surselor acvatice. S-au elaborat procedee și recomandări tehnico-științifice pentru redresarea situației ecologice în ecosistemele acvatice.

Este extrem de important ca Ucraina, în mod obligatoriu, să asigure mai jos de barajul CHE-2 scurgerea permanentă (fără salturi) a unui debit de apă nu mai mic de 120-140 m<sup>3</sup>/s în perioada de secetă și cel puțin de 380-400 m<sup>3</sup>/s, în perioada de prohibiție a ihtiofaunei. De menționat că până la darea în exploatare a CHN, debitul mediu în fluviul Nistru la Naslavcea a constituit 220-240 m<sup>3</sup>/s.

Rezultatele prezentate în această lucrare sunt obținute în cadrul proiectului instituțional 11.817.08.15A.

## BIBLIOGRAFIE

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32000L0060>
2. 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, 22 noiembrie 2013.
3. Walter K.Dodds, Val H. Smith (2016) Nitrogen, phosphorus, and eutrofication in streams, *Inland Waters*, 6, p. 155-164.
4. Zubcov E. Starea actuală a fluviului Nistru. *Academos*, nr. 4 (27), 2012, p. 99-102.
5. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970, 442 с.
6. Зилов Е. А. Структура и функционирование пресноводных экосистем. Иркутск, 2006. 40 с.