

CZU: 556.531.4(478)

COMPOZIȚIA CHIMICĂ A APELOR RĂULUI RĂUT ȘI INFLUENȚA ACESTEIA ASUPRA HIDROCHIMIEI FLUVIULUI NISTRU ÎN PERIOADA ANILOR 2015-2018

Viorica GLADCHI

Universitatea de Stat din Moldova

În perioada anilor 2015-2018, apele râului Răut se caracterizează ca ape cu o duritate totală și mineralizare ridicată, ceea ce face imposibil de a utiliza aceste ape pentru irigare. Apele râului sunt excesiv poluate cu substanțe organice greu degradabile și cu diverse forme minerale ale elementelor biogene. În cele mai dese cazuri, apele afluentului sunt atribuite la clasele IV-V de calitate, ceea ce corespunde apelor poluate și apelor puternic poluate. Conținutul excesiv de azot mineral în apele Răutului creează un precedent real pentru eutrofizarea antropogenă rapidă a râului.

Datele obținute denotă influența considerabilă a Răutului asupra conținutului ionilor principali în apele Nistrului și schimbarea coraportului dintre ionii principali în Nistru. Apele Răutului au provocat poluarea suplimentară a Nistrului cu substanțe organice greu degradabile și transformarea apelor din categoria clasei a II-a de calitate – ape de calitate bună, în clasa a III-a de calitate – ape moderat poluate. A fost stabilită tendința de creștere a concentrației diverselor forme ale elementelor biogene în apele Nistrului în aval de vărsare a Răutului, ceea ce prezintă un pericol real pentru ecosistemul fluviului.

Cuvinte-cheie: afluent, compoziția chimică a apelor, poluare, clasă de calitate, influența afluentului, fluviul Nistru, calitatea apelor.

THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE WATERS OF RAUT RIVER AND ITS INFLUENCE OVER THE HYDROCHEMISTRY OF DNIESTER RIVER DURING THE PERIOD OF 2015-2018

The waters of the Raut river in the period of 2015-2018 were characterized as high mineralized and hard waters that are impossible to be used as irrigation waters. The waters of the river are excessively polluted with organic matter that is hard to degrade and diverse mineral forms of biogen elements. In most cases, the waters of the river are attributed to IV-V class of quality, that is considered to be badly polluted waters. The excessive quantity of mineral nitrogen in Raut's water create a real precedent for fast anthropogenic eutrophication of the river.

The data obtained states that the quality of the water in Raut is of a great influence on the quality of the water in Dniester river. The waters of Raut are polluting Dniester and transforming its waters from class II (good quality waters) into class III (moderate polluted waters). It was established the tendency of growth in the field of pollution with different biogenic elements in waters of Dniester river that are characteristic for those present in the Raut river, which is a real danger to the ecosystem of the river.

Keywords: tributary, chemical composition of water, pollution, quality class, the influence of the tributary, the Dniester River, the quality of the waters.

Introducere

Râul Răut are lungimea de 286 km și este cel mai mare afluent al fluviului Nistru, în care se revarsă lângă s. Ustia, în aval de barajul de la Dubăsari. Suprafața bazinului Răutului constituie cca 40% din suprafața bazinului hidrografic al Nistrului de pe teritoriul Moldovei. În bazinul Răutului se află puncte administrative mari, obiecte industriale și agricole. Pe râul Răut este amplasat municipiul Bălți cu o populație de cca 140 mii de oameni și apele de la stația de epurare a orașului sunt deversate în acest râu. În afară de Bălți, pe afluent sunt amplasate așa localități ca Mărculești, Florești, Orhei. Cea mai mare parte a bazinului Răutului este arată. În drumul său spre Nistru, Răutul captează apele celor mai mari afluenți ai săi – ale râurilor Copăceanca, Cubolta, Căinar, Camenca, Soloneț, Ciulucul Mic, Cula, Cogâlnic. Amplasarea în albia Răutului a mai multor localități, dezvoltarea industriei și agriculturii, nerespectarea zonelor de protecție a râului, deversarea în el a apelor insuficient epurate sau neepurate contribuie la un grad înalt de poluare a apelor râului și, ca rezultat, constituie un impact negativ asupra compoziției chimice și a gradului de poluare a fluviului Nistru, care reprezintă o arteră acvatică principală a Republicii Moldova și sursă importantă de apă potabilă pentru mai multe localități, inclusiv Chișinău [1-17]. De aceea, devine importantă evaluarea compoziției chimice a apelor Răutului la gura de vărsare în Nistru, estimarea gradului de poluare a apelor și aprecierea influenței Răutului asupra compoziției chimice a apelor Nistrului.

Metode și materiale aplicate

Suportul metodologic al cercetării îl constituie studiile hidrochimiei, chimiei ecologice, chimiei analitice, ale altor științe ce au tangențe cu problemele privind protecția mediului.

Pentru monitorizarea compoziției chimice a apelor din Răut la gura de vărsare în Nistru și estimarea influenței acesteia asupra apelor nistrene, pe parcursul anilor 2015-2018 au fost organizate expediții hidrochimice sezoniere cu frecvență de 4-6 deplasări pe an. Probele de apă au fost prelevate din stratul de suprafață, la o distanță de 200-250 m până la gura de vărsare în Nistru (în aval de s. Ustia, r. Dubăsari) și din Nistru în punctele de captare dispuse amonte și aval de gura de vărsare a Răutului, la o distanță de 500 - 1000 m. Inițial, probele au fost culese în vase din plastic, după care se păstrau în butelii din polietilenă. Imediat după prelevare au fost măsurate parametrii: temperatura apei, pH-ul, Eh-ul, conținutul de oxigen dizolvat. Apoi, în condiții de laborator, analiza apelor a fost efectuată după următorii parametri: rH-ul, conținutul ionilor principali și mineralizarea apelor, indexul hidrochimic al apelor, gradul de saturație a apelor cu oxigen, conținutul diverselor forme ale elementelor biogene, conținutul substanțelor organice (CBO₅, CCO_{Cr}, CCO_{Mn}).

Conținutul ionilor principali, al nutrienților, conținutul oxigenului dizolvat, gradul de saturație a apelor cu oxigen, parametrii CBO₅, CCO_{Mn}, CCO_{Cr} au fost determinate în conformitate cu metodele hidrochimice standard [18].

Rezultate și discuții

Conținutul ionilor principali și mineralizarea apelor

În perioada anilor 2015-2018, în apele Răutului la gura de vărsare a acestora în Nistru se înregistrează cantități sporite de ioni principali, care au determinat durezza totală și mineralizarea apelor. Conținutul ionilor principali variază în diapazon larg, concomitent cu schimbările pH-ului apelor de la 7,9 până la 9,8 (Tab.1).

Tab.1

Unii parametri hidrochimici ai apelor r. Răut la gura de vărsare (s. Ustia) în perioada anilor 2015-2018

Data	pH	Dtot, mmol/dm ³	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Σi,mg/dm ³
			mg/dm ³							
IV.15	9,0	12,8	86	103	283	480	269	-	397	1618
VI.15	9,8	10	50	91	963	1200	337	60	732	3433
IX.15	7,9	10,7	63	99	98	182	89	-	506	1037
XI.15	8,6	11,4	50	108	307	514	89	-	641	1709
II.16	8,7	11,5	138	56	502	902	167	21	482	2268
IV.16	8,5	11,4	28	122	430	581	116	-	805	2082
V.16	8,5	11,3	36	116	384	574	220	18	482	1830
VI.16	8,7	6,5	44	52	108	46	157	-	329	736
IX.16	9,1	10,4	44	99	448	725	167	12	494	1989
XI.16	9,1	11,4	96	80	380	759	82	9	500	1906
III.17	8,9	11,7	100	82	295	571	74	15	549	1686
IV.17	8,8	9,5	96	57	305	528	45	-	580	1611
VI.17	9,4	10,0	40	97	348	619	89	27	464	1684
IX.17	9,1	11,5	58	105	485	917	99	24	506	2194
XI.17	8,8	11,4	42	113	320	581	57	12	616	1741
V.18	8,9	11,2	24	122	408	805	104	12	451	1926
VI.18	9,1	9,7	26	102	283	549	79	23	403	1465
IX.18	8,4	9,9	34	99	225	429	80	9	451	1327
XI.18	8,6	8,6	50	91	324	522	56	18	512	1573
<i>Media</i>	<i>8,8</i>	<i>10,6</i>	<i>58</i>	<i>94</i>	<i>363</i>	<i>604</i>	<i>125</i>	<i>20</i>	<i>521</i>	<i>1780</i>
<i>min-max</i>	<i>7,9-9,8</i>	<i>6,5-12,8</i>	<i>24-138</i>	<i>52-122</i>	<i>98-963</i>	<i>46-1200</i>	<i>45-337</i>	<i>0-60</i>	<i>329-732</i>	<i>736-3433</i>

În perioada de cercetare apele Răutului pot fi caracterizate ca fiind puternic mineralizate, cu duritate excesivă și pH-ul alcalin. Valoarea medie ale pH-ului a constituit 8,8 și a variat în diapazonul 7,9-9,8. În peste 30% din cazuri valorile pH-ului determinau clasa a V-a de calitate a apelor – ape foarte poluate (*cod roșu*), ceea ce denotă că componentele biologice, îndeosebi piscicole, sunt deteriorate [19].

Analiza variației durității totale a apelor râului denotă că aceasta a avut valori ridicate care au variat între 6,5 mmol/dm³ în iunie 2016 și 12,8 mmol/dm³ în aprilie 2017, media fiind de 10,6 mmol/dm³, ceea ce corespunde apelor din clasa a IV-a de calitate – ape poluate (*cod portocaliu*). Duritatea totală a apelor în peste 70% din probe este cauzată de prezența dominantă a ionilor de Mg²⁺ și practic în toate cazurile se caracterizează ca fiind duritate carbonată, care determină duritatea temporară. Duritatea totală a apelor r. Răut reprezintă un factor important care determină imposibilitatea de utilizare a acestora în irigare.

Mineralizarea medie a apelor a constituit 1780 mg/dm³ și a variat în diapazonul de la 736 mg/dm³ până la 3433 mg/dm³. Valoarea maximală a mineralizării a fost depistată în iunie 2015, iar cea minimală – în iunie 2016. După mineralizarea apelor acestea se atribuie, în medie, la clasa a III-a de calitate – ape moderat poluate (*cod glaben*), dar pe parcursul monitorizării clasa de calitate varia între clasa a II – ape de calitate bună (*cod verde*) și clasa a V-a – ape foarte poluate (*cod roșu*). Analiza calității apelor după prezența diverșilor ioni principali indică prezența în cantități medii excesive a ionilor de sulfat, a ionilor de sodiu și potasiu (clasa a V-a de calitate, *cod roșu*), a ionilor de magneziu (clasa a IV-a de calitate, *cod portocaliu*).

Menționăm că apele Răutului deseori se caracterizează ca ape sodice, fapt confirmat prin prezența ionilor de carbonat care au fost depistați în 68% din probele investigate, iar conținutul mediu al acestora a constituit 20 mg/dm³. După indexul hidrochimic, apele Răutului în cele mai dese cazuri pot fi atribuite la clasa apelor sulfatice, sulfato-clorice, din grupa sodiului și tipul I (în care conținutul hidrogenocarbonaților este mai mare decât duritatea totală) sau tipul II (atunci când duritatea totală este mai mare decât concentrația hidrogenocarbonaților, dar mai mică decât suma acestora cu sulfatii) [18].

Mineralizarea și duritatea totală a apelor Răutului au variat pe parcursul anilor. Valorile maxime ale mineralizării au fost depistate în anul 2015, iar minimele – în anul 2018. Nu a fost depistată corelarea evidențiată dintre mineralizare și duritatea apelor, ultima având valori maxime în anul 2015 și valori minime în anul 2018 (Fig.1). Schimbările climatice sezoniere au influențat și dinamica formării durității și mineralizării apelor Răutului. În perioada de iarnă a fost depistată creșterea mineralizării apelor pe fonul etiajului de iarnă, iar în perioada de toamnă a fost observată micșorarea valorilor mineralizării apelor. Valorile medii ale durității totale au fost mai crescute în perioadele de toamnă-iarnă-primăvară și se micșorau vara (Fig.2).

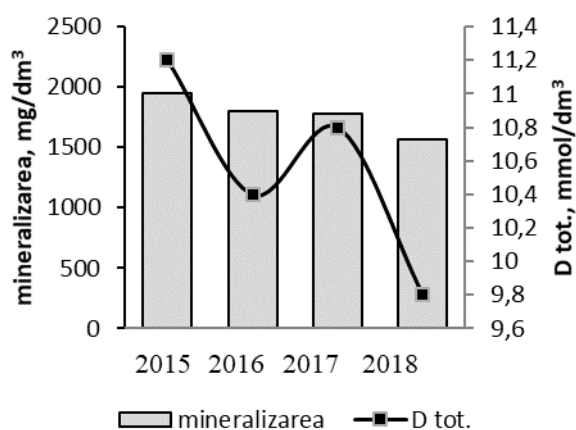


Fig.1. Dinamica valorilor medii ale mineralizării și durității totale a apelor Răutului în perioada anilor 2015-2018.

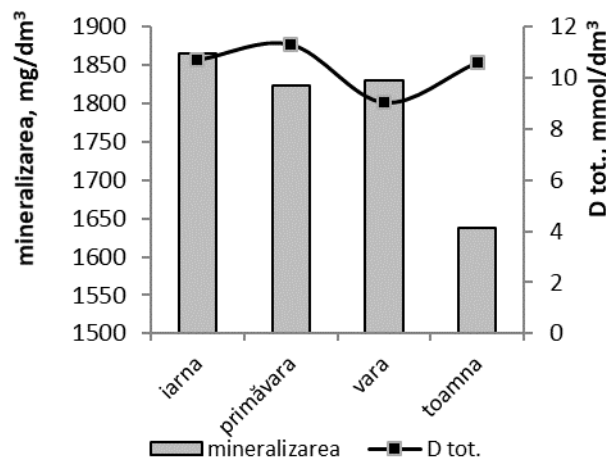


Fig.2. Dinamica sezonieră a valorilor medii ale mineralizării și durității totale a apelor Răutului în perioada anilor 2015-2018.

În perioada de cercetare în apele Răutului a fost depistată o corelare liniară dintre conținutul ionilor principali și mineralizare (Fig.3).

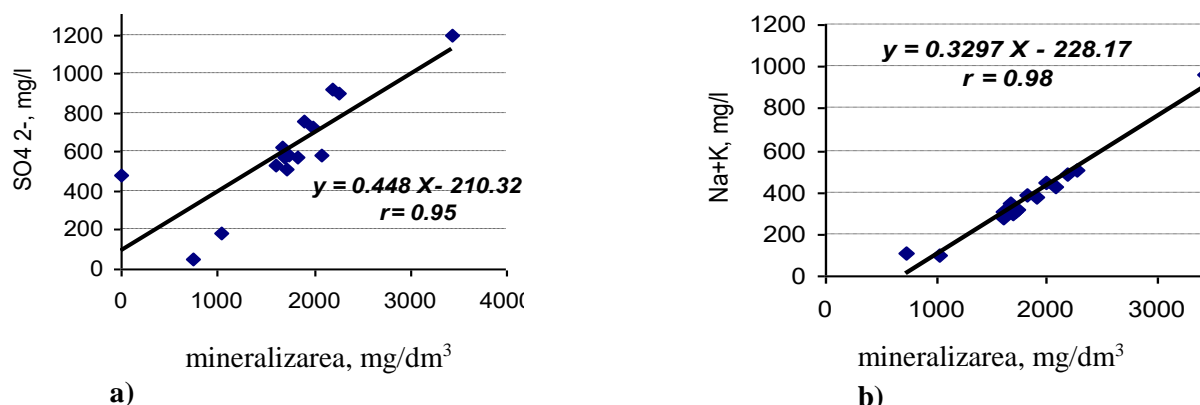


Fig.3. Corelarea dintre conținutul ionilor de sulfat și mineralizare (a) și conținutul ionilor de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ și mineralizare (b) a apelor din r. Răut în perioada anilor 2015-2018.

Cel mai mare coeficient de corelare în acest sens a fost înregistrat dintre conținuturile ionilor de sulfat și mineralizare ($r=0,95$) și dintre conținutul ionilor monovalenți și mineralizare ($r=0,98$).

Oxigenul dizolvat și substanțe organice

Rezultatele obținute denotă că regimul de oxigen în apele r. Răut pe parcursul cercetărilor a suferit fluctuații esențiale: de la 20% a gradului de saturație a apelor cu oxigen (GS) în luna iunie a anului 2016 (ape din clasa a V-a – ape puternic poluate, *cod roșu*) până la 111% GS în luna aprilie a anului 2015 (ape din clasa I – ape pure, *cod verde*). În medie, gradul de saturație a apelor cu oxigen pe parcursul anilor 2015-2018 a constituit 64%, ceea ce caracterizează apele râului ca fiind din clasa a III-a – ape moderat poluate (*cod galben*). Menționăm că în 8 probe din 19 analizate (cca 42%) gradul de saturație a apelor cu oxigen este sub 70%, dintre care 3 probe conțineau mai puțin de 30% de oxigen dizolvat, necesar pentru supraviețuirea hidrobionților și echilibrul ecosistemului acvatic (Tab.2).

La fel, s-a depistat o situație nefavorabilă în ceea ce privește echilibrul redox al apelor, care s-a manifestat prin dominanța echivalenților reducători și a proceselor orientate spre reducere, parametrul rH fiind din domeniul dominanței astfel de procese, rH_{mediu} fiind de 27,2. Menționăm că situația favorabilă pentru desfășurarea proceselor de autopurificare chimică a apelor, ce atestă dominanța echivalenților oxidativi, a fost depistată numai de două ori, pe când în cca 70% din probele cercetate valorile rH-ului au fost sub valoarea echilibrului redox (rH 28,3) [20]. Pe parcursul perioadei de monitorizare a fost depistată corelarea dintre valorile reducătoare ale rH-ului pe parcursul anilor 2016-2017 și conținutul scăzut de oxigen dizolvat (Tab.2).

Tabelul 2

Parametrii de calitate a apelor din Răut, gura de vărsare în Nistru, pe parcursul anilor 2015-2018

Data	rH	OD, mgO_2/dm^3	GS, %	CBO_5 , mgO_2/dm^3	CCO_{Cr} , mgO/dm^3	CCO_{Mn} , mgO/dm^3	$\frac{\text{CBO}_5}{\text{CCO}_{Cr}}$, %
IV.15	30,1	11,7	111	2,3	25	4,4	9,2
VI.15	30,5	8,33	87	8	15	5,8	53
IX.15	31,9	7,23	78	5,8	29	11,9	20
XI.15	30,8	8,06	73	2	26	11,7	7,7
II.16	26,2	11,8	95	0,7	68	19,8	1
IV.16	24,9	6,2	55	1,3	42	29,4	3
V.16	25,3	4,2	42	0,6	61	18,5	1
VI.16	22,9	1,6	20	0,8	16	7	-
IX.16	25,2	2,9	31	2,4	37	22,1	6
XI.16	26,0	2,9	25	-	36	25,9	-

III.17	25,6	5,2	46	2,9	25	19,1	12
IV.17	25,5	7,7	70	4,2	27	12,2	16
VI.17	23,3	6,7	81	6,7	57	15,1	12
IX.17	28,0	7,5	72	4,8	25	12,4	19
XI.17	27,0	9,1	75	4,7	23	15,2	20
V.18	27,8	8,9	97	8,0	38	14,1	21
VI.18	-	6,1	68	5,6	25	4,8	22,5
IX.18	24,7	3,7	38	3,4	26	5,5	13,2
XI.18	33,1	6,0	56	3,2	26	5,8	12,2
<i>Media</i>	<i>27,2</i>	<i>6,6</i>	<i>64,2</i>	<i>3,5</i>	<i>33,0</i>	<i>13,7</i>	<i>10,8</i>
<i>min-max</i>	<i>22,9-33,1</i>	<i>1,6-11,8</i>	<i>25-111</i>	<i>0,7-6,7</i>	<i>15-68</i>	<i>4,4-29,4</i>	<i>1-53</i>

În apele Răutului conținutul substanțelor organice biodegradabile, depistate prin parametrul CBO_5 , a variat în limitele $0,7 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ (clasa I de calitate – ape pure, *cod verde*) – $8,0 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ (clasa V de calitate – ape puternic poluate, *cod roșu*), valoarea medie fiind de $3,5 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ (clasa IV de calitate – ape poluate, *cod portocaliu*). În 56% din probele analizate parametrul CBO_5 depășea valoarea admisibilă pentru ecosistemele acvatice ($3,0 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$). Acest fapt denotă o poluare avansată a apelor cu substanțe organice biodegradabile, care în mare parte provin din deversările apelor menajere neepurate, gunoiul menajer aruncat pe malurile râului etc. Conținutul a astfel de substanțe în totalul substanțelor organice a constituit în medie cca 10%.

În ceea ce privește conținutul substanțelor organice greu degradabile, determinate cu ajutorul parametrului CCO_{Cr} , rezultatele demonstrează că toate probele de apă aveau un conținut sporit de astfel de substanțe și în toate aceste cazuri apele de la gura de vărsare a r. Răut pe parcursul cercetărilor se atribueau apelor din clasa a V-a de calitate – ape puternic poluate, *cod roșu*. Acest fapt reprezintă un pericol real nu doar pentru ecosistemul Răutului, dar și pentru ecosistemul Nistrului, în care acesta se varsă. Schimbările sezoniere pentru diferite tipuri de substanțe organice (Fig.4) denotă că conținutul substanțelor organice biodegradabile în Răut este maximal în perioada de vară, atunci când se desfășoară activ procese de fotosinteză și productivitate biologică, iar minimal – iarna, când astfel de procese sunt încetenite. Conținutul substanțelor humice în apă (CCO_{Mn}) în cantități mai mari se depista iarna și primăvară, iar cantitatea minimală a acestora – vara. Cantitatea substanțelor organice greu degradabile (CCO_{Cr}) creștea în perioada de iarnă și primăvară și se micșora vara și toamna.

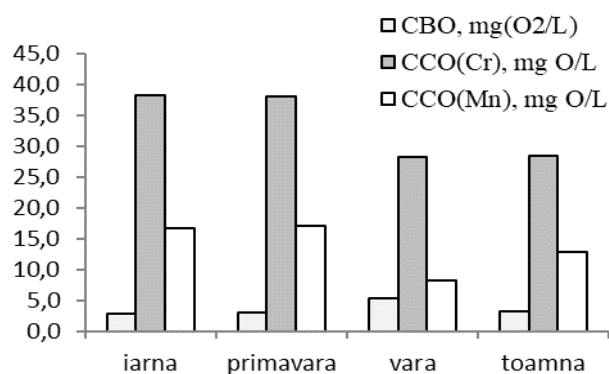


Fig.4. Dinamica sezonieră a substanțelor organice în apele r. Răut pe parcursul anilor 2015-2018.

Conținutul diferitor forme ale elementelor biogene

În apele Răutului au fost permanent prezente formele minerale ale azotului și fosforului (Tab.3). Conținutul maximal al nitriților a fost înregistrat în anul 2015, iar concentrații mai mari ale nitraților și ionilor de amoniu – în anii 2016-2017. Pe parcursul anilor de studiu, azotul mineral a fost prezentat, în medie, de cca 65% din azot din nitrat și 34% din azot din amoniu. Ponderea azotului din nitrit a fost nesemnificativă. Conținutul avansat al azotului din amoniu în apele Răutului servește drept dovadă a poluării apelor cu substanțe organice ușor degradabile din scurgerile de ape menajere, apele reziduale neepurate, gunoiul aruncat pe malurile râului etc.

Tabelul 3

**Conținutul diverselor forme minerale ale azotului și fosforului în apele r. Răut,
gura de vărsare în Nistru, în perioada anilor 2015-2018**

Data	NO_3^-	$N-NO_3^-$	NO_2^-	$N-NO_2^-$	NH_4^+	$N-NH_4^+$	ΣN_{min}	PO_4^{3-}	ΣP_{min}	ΣN_{min}
	mg/dm ³									
IV.15	1,9	0,44	-	-	0,21	0,16	0,60	0,44	0,14	4,19
VI.15	2,7	0,62	0,027	0,009	0,85	0,66	1,29	1,96	0,64	2,02
IX.15	1,5	0,35	0,041	0,013	0,91	0,71	1,07	4,6	1,50	0,71
XI.15	-	-	-	-	0,87	0,68	0,68	0,39	0,13	5,34
II.16	3,6	0,83	0,01	0,003	0,37	0,29	1,12	0,1	0,03	34,35
IV.16	7,3	1,68	-	-	0,85	0,66	2,34	0,38	0,12	18,91
V.16	13,1	3,01	0,001	-	0,64	0,50	3,51	1,55	0,51	6,95
IX.16	-	-	-	-	0,28	0,22	0,22	0,18	0,06	3,72
XI.16	14,5	3,34	0,014	0,004	0,8	0,62	3,96	1,88	0,61	6,47
III.17	8,3	1,91	-	-	1,1	0,86	2,77	1,29	0,42	6,58
IV.17	16,5	3,80	-	-	3,4	2,65	6,45	3,3	1,08	5,99
VI.17	3	0,69	-	-	1,15	0,90	1,59	1,17	0,38	4,16
IX.17	4,7	1,08	0,017	0,005	0,65	0,51	1,59	0,48	0,16	10,18
XI.17	8,9	2,05	0,014	0,004	0,1	0,08	2,13	3,78	1,23	1,73
V.18	0,2	0,05	-	-	0,6	0,47	0,51	0,23	0,07	6,86
VI.18	1,7	0,39	-	-	0,72	0,56	0,95	0,28	0,09	10,44
IX.18	4	0,92	-	-	1,45	1,13	2,05	0,09	0,03	69,90
XI.18	18,1	4,16	0,064	0,020	0,05	0,04	4,22	0,23	0,07	56,31

Conținutul considerabil al azotului amoniacal indică asupra capacității ecosistemului râului de a descompune substanțele organice. Reieșind din valorile medii ale diverselor forme ale azotului mineral, apele r. Răut pot fi atribuite, în medie, clasei a III-a de calitate – ape moderat poluate (*cod galben*).

Conținutul mediu al ionilor de fosfat a constituit 1,24 mg/dm³ și concentrația maximală a acestora a fost înregistrată în iunie 2015 (1,96 mg/dm³). După conținutul majorat al fosforului mineral, apele r. Răut pot fi caracterizate ca ape hipertrofe, ceea ce prezintă un pericol real pentru vitalitatea râului [21]. Reieșind din conținutul fosforului mineral, apele râului Răut la gura de vărsare se caracterizează ca ape de clasa a V-a de calitate – ape foarte poluate (*cod roșu*), ape de suprafață care prezintă dovezi de devieri majore de la fondul natural al calității apei, din cauza activităților antropogene.

Conținutul sumar al azotului mineral a fost mai mare în comparație cu conținutul fosforului mineral, raportul mediu N_{min}/P_{min} constituind 5/1, din ce rezultă că azotul mineral a dominat conținutul de fosfor mineral și a jucat un rol determinant în productivitatea primară a fitoplanctonului [21].

Influența râului Răut asupra compoziției chimice a apelor fluviului Nistru

Pentru a evalua influența râului Răut asupra Nistrului, concomitent cu prelevarea probelor de apă de la gura de vărsare a Răutului au fost colectate și probe de apă din Nistru în amonte și în aval de vărsare în el afluentului cercetat.

Rezultatele obținute denotă că în aval de vărsare a apelor afluentului Răut compoziția chimică a apelor Nistrului poate fi caracterizată ca una instabilă, cu diapazon larg de valori ale parametrilor hidrochimici (Tab.4).

Tabelul 4

**Duritatea totală a apelor și conținutul ionilor principali în apele Nistrului
în amonte de vărsare a r. Răut în perioada anilor 2015-2018**

Data	D_{tot} , $\frac{mmol}{dm^3}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	$\sum i$, $\frac{mg}{dm^3}$	Index
		$\frac{mg}{dm^3}$							
IV.15	5	64	22	175	77	142	390	870	C ^{Na} _I
VI.15	4,8	70	16	250	38	301	336	1011	Cl ^{Na} _I
IX.15	3,4	56	7	70	29	82	201	445	C ^{Ca,Na} _{II}
XI.15	3,5	46	15	53	106	21	171	410	C ^{Ca,Na} _{II}
II.16	4	68	7	95	77	106	195	549	CCl ^{Na,Ca} _{II}
IV.16	4,6	60	20	130	216	53	232	711	SC ^{Na} _{II}
V.16	3,9	60	11	105	29	149	201	555	Cl ^{Na} _{III}
VI.16	4,2	38	28	165	101	199	189	720	Cl ^{Na} _{II}
IX.16	3,8	62	9	138	96	152	183	640	Cl ^{Na} _{II}
XI.16	4,1	66	10	40	62	39	201	419	C ^{Ca} _{II}
III.17	4,6	78	9	35	72	25	232	450	C ^{Ca} _{II}
IV.17	4,2	72	7	30	62	20	214	406	C ^{Ca} _{II}
VI.17	3,8	52	15	63	48	21	279	478	C ^{Ca,Na} _{II}
IX.17	4	48	20	30	24	21	242	385	C ^{Ca} _{II}
XI.17	2,2	22	13	88	82	14	217	436	C ^{Na} _{II}
III.18	3,8	60	10	12	55	12	165	313	C ^{Ca} _{II}
V.18	3,8	38	23	1	39	12	162	275	C ^{Ca,Mg} _{III}
VI.18	3,2	44	12	19	55	20	134	284	C ^{Ca} _{II}
IX.18	3,4	48	12	14	43	13	165	295	C ^{Ca} _{II}
XI.18	3,1	50	7	38	51	13	189	347	C ^{Ca} _{II}

Tabelul 5

**Duritatea totală a apelor și conținutul ionilor principali în apele Nistrului
în aval de vărsare a r. Răut în perioada anilor 2015-2018**

Data	D_{tot} , $\frac{mmol}{dm^3}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	$\sum i$, $\frac{mg}{dm^3}$	Index
		$\frac{mg}{dm^3}$							
IV.15	5,1	60	26	195	86	142	433	942	C ^{Na} _I
VI.15	5,1	48	33	268	91	298	336	1073	Cl ^{Na} _I
IX.15	3,6	60	7	40	29	46	201	384	C ^{Ca} _{II}
XI.15	4,5	50	24	96	168	30	244	612	CS ^{Na} _{II}

II.16	5,0	78	13	130	139	128	226	714	CCl ^{Na,Ca} _{II}
IV.16	4,5	48	26	158	230	60	262	784	SC ^{Na} _{II}
V.16	4,6	32	37	138	58	191	214	669	Cl ^{Na} _{II}
VI.16	4,8	40	34	90	10	170	207	551	Cl ^{Na} _{III}
IX.16	3,9	50	17	108	115	92	195	577	CClS ^{Na} _{II}
XI.16	5,4	70	23	90	182	40	250	656	CS ^{Na,Ca} _{II}
III.17	5,1	70	20	45	106	28	229	497	C ^{Ca} _{II}
IV.17	4,5	78	7	70	130	21	244	550	C ^{Ca} _{II}
VI.17	4,0	56	15	40	62	25	213	411	C ^{Ca} _{II}
IX.17	4,2	58	16	43	72	25	220	433	C ^{Ca} _{II}
XI.17	4,3	60	16	60	101	18	247	501	C ^{Ca,Na} _{II}
V.18	4,2	44	24	29	77	24	183	381	C ^{Ca} _{II}
VI.18	3,6	42	17	88	188	25	146	506	S ^{Na} _{II}
IX.18	3,6	48	15	40	71	25	183	382	C ^{Ca} _{II}
XI.18	3,6	38	21	45	75	16	204	399	C ^{Ca,Na} _{II}

Analiza datelor obținute atestă că valorile mineralizării și durtății totale a apelor Nistrului sunt în creștere după vărsare în el a Răutului. Valorile medii ale mineralizării apelor în Nistru în aval de vărsare a Răutului variaua pe parcursul anilor 2015-2018 în intervalul 753-659 – 478-577 mg/dm³, valorile durtății totale – respectiv, în intervalul 4,6-4,7 – 4,4-3,8 mmol/dm³.

Apele Răutului au contribuit la creșterea mineralizării apelor Nistrului cu cca 14% în aval de vărsare a afluentului. Durtatea medie a apelor Nistrului în aval de vărsare a r. Răut depășește valorile corespunzătoare în priza de captare Nistru amonte Răut cu mai mult de 7% (Fig.5a, 5b).

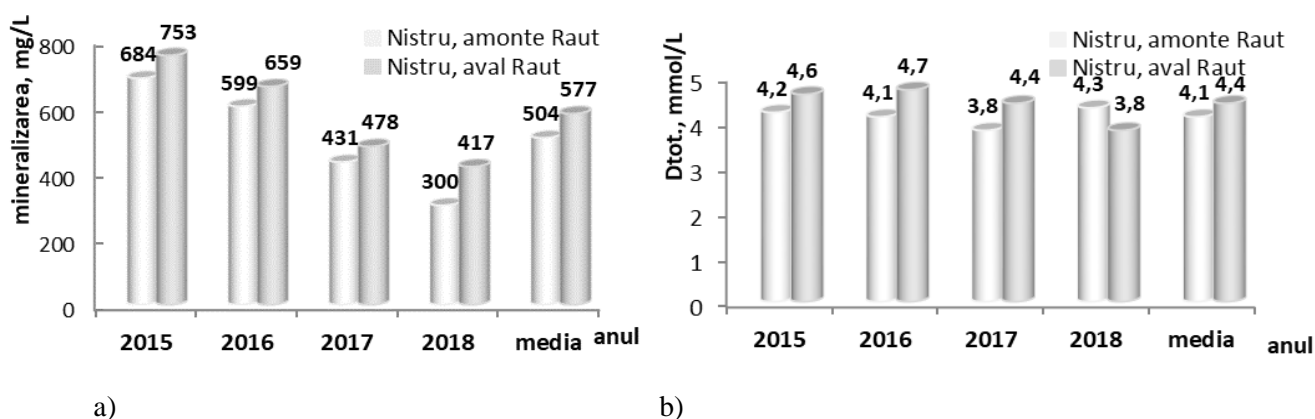


Fig.5. Mineralizarea (a) și durtatea totală medie (b) a apei fluviului Nistru pe parcursul anilor 2015-2018.

Apele Răutului au contribuit și la schimbarea raporturilor dintre conținutul ionilor principali în apa Nistrului în aval de vărsare a afluentului (Tab.6).

Tabelul 6

Pondere ionilor principali în apele Nistrului în amonte și în aval de Răut (anii 2015-2018)

	[Ca ²⁺],%	[Mg ²⁺],%	[Na ⁺ +K ⁺],%	[SO ₄ ²⁻],%	[Cl],%	[HCO ₃ ⁻],%
Nistru, amonte Răut	20	8	22	10	15	25
Nistru, aval Răut	17	10	23	14	13	23

Așadar, în apele Nistrului în aval de vărsare a Răutului crește ponderea ionilor de SO_4^{2-} (cu 40%), Mg^{2+} (cu 12,5%) și a ionilor de Na^+ și K^+ (cu cca 5%), pe contul diminuării cantității ionilor de Ca^{2+} (cu 17%), Cl^- (cu cca 13%) și a ionilor de HCO_3^- (cu 8%).

Analiza corelativă a evidențiat o puternică dependență între conținuturile de ioni monovalenți și mineralizarea apelor Nistrului în aval de vărsare în el a r. Răut ($r^2=0,95$) (Fig.6). La fel, pentru această priză de captare a fost depistată o corelare medie între duritatea totală a apelor și mineralizarea acestora ($r^2=0,53$) [22].

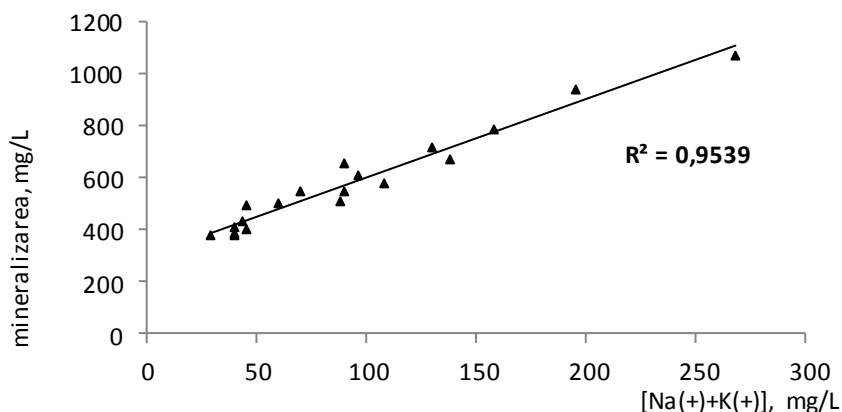


Fig.6.

mineralizarea apelor și conținutul ionilor monovalenți în apele Nistrului în aval de vărsare a r. Răut (anii 2015-2018).

Corelarea dintre

Dinamica sezonieră a compoziției chimice a apelor nistrene în aval de vărsare a r. Răut, spre deosebire de priza de captare în amonte de vărsare a r. Răut denotă că valorile maxime ale mineralizării apelor se atestă primăvara, iar ale durității totale – iarna.

Pe parcursul cercetării a fost evidențiată influența Răutului și în ceea ce privește valorile pH-ului apelor nistrene (Fig.7).

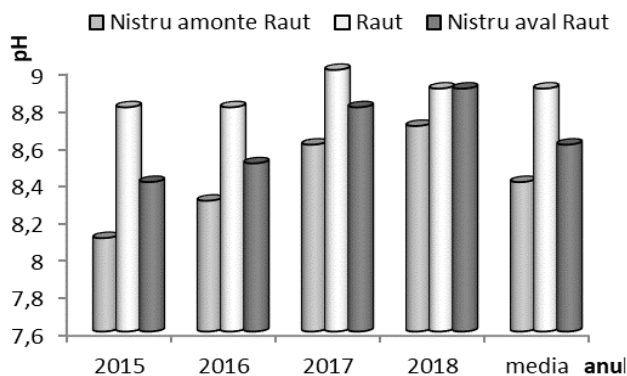


Fig.7. Influența r. Răut asupra valorilor pH-ului apelor din Nistru (anii 2015-2018).

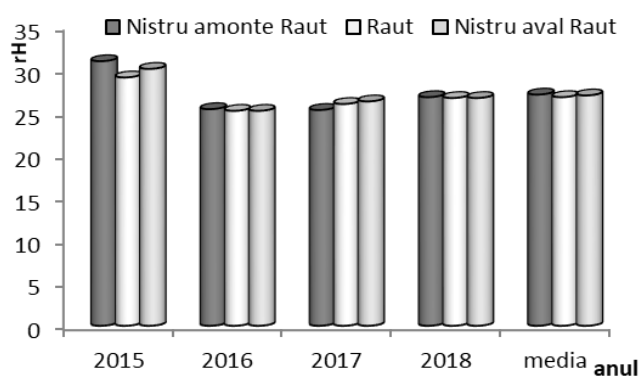


Fig.8. Influența r. Răut asupra valorilor rH-ului apelor din Nistru (anii 2015-2018).

Rezultatele obținute indică creșterea pH-ului apelor din Nistru după vărsarea în el a Răutului, ceea ce reprezintă un factor nefavorabil, care poate contribui și la apariția condițiilor favorabile pentru dezvoltarea microflorei patogene în apă.

În ceea ce privește influența Răutului asupra valorilor rH ale apelor Nistrului (Fig.8), se poate constata că pe parcursul anilor Răutul influențează rH-ul Nistrului și orientează procesele redox, ce se desfășoară în apele nistrene, spre reducere, rH-ul fiind mai mic de 28,3. Acest fenomen este nefavorabil pentru existența ecosistemului fluviului, deoarece contribuie la acumularea substanțelor de natură reducătoare, care apoi se oxidează cu oxigenul dizolvat, ceea ce duce la micșorarea conținutului acestuia în apă.

Regimul de oxigen. Pentru perioada de cercetare, conținutul oxigenului dizolvat a fost încadrat în medie în cantitățile normale: în priza de captare Nistru amonte Răut – media de saturație a constituit 81,3%, cu variația de la 41% până la 154%; Nistru aval Răut – media de saturație a constituit 80%, cu variația de la 20% până la 130%. În general, pe parcursul cercetărilor, după gradul de saturație mediu apele nistrene sunt de clasa I – ape pure (Tab.7) în amonte de vărsare a r. Răut și de clasa a II-a în aval de vărsare a afluentului.

Tabelul 7

Gradul de saturație a apelor nistrene cu oxigen (în %) în perioada anilor 2015-2018

Priza de captare	Mediile anuale Diapazonul variațiilor				Media totală diapazonul	Clasa de calitate
	a.2015	a.2016	a.2017	a.2018		
Nistru amonte Răut	<u>101,2</u> 78-154	<u>61,0</u> 30-102	<u>85</u> 49-109	<u>77,8</u> 40,7-116,1	<u>81,3</u> 40,7-154	I
Nistru aval Răut	<u>112,0</u> 92-130	<u>56,0</u> 22-117	<u>88</u> 71-107	<u>63,9</u> 33,7-111,1	<u>80,0</u> 22-130	II

Substanțe organice. Conținutul substanțelor organice (SO), particularitățile și dinamica distribuției pe parcursul anilor au fost studiate prin intermediul parametrilor CCO_{Mn} , CCO_{Cr} , CBO_5 . Apele Răutului au contribuit la poluarea suplimentară a apelor fluviului cu substanțe organice și fenolice. În aval de vărsare a acestuia în fluviu, conținutul mediu al substanțelor organice persistente crește, influențând negativ calitatea apelor din fluviu (Tab.8).

Tabelul 8

Conținutul mediu al substanțelor organice în apele Nistrului în perioada anilor 2015-2018

Priza de captare	CBO_5 , mgO_2/dm^3	CCO_{Cr}	CCO_{Mn}	CBO_5 CCO_{Cr} %	CCO_{Mn} CCO_{Cr} %
		mgO/dm^3			
Nistru amonte Răut	<u>3,1±0,58</u> 0,3-7,1	<u>12,2±1,8</u> 2,0 – 22	<u>6±1,0</u> 0,2-13,8	25	49
Nistru aval Răut	<u>3±0,56</u> 0,0 – 7,2	<u>19,4±4,47</u> 4,0 - 71	<u>7,4±1,44</u> 0,0 – 22,7	15	38

Analiza rezultatelor obținute în diferite prize de captare pe Nistru a evidențiat faptul că afluentul Răut contribuie cel mai mult la poluarea apelor nistrene cu substanțe organice humice și cu cele greu degradabile (Fig.9). În amonte de vărsare a r. Răut, apele nistrene după parametrul CCO_{Mn} pot fi atribuite clasei a II-a de calitate – ape de calitate bună (*cod verde*), iar în aval de vărsare a afluentului clasa de calitate a apelor se schimbă și acestea sunt deja din clasa a III-a – ape moderat poluate (*cod galben*).

În ceea ce privește conținutul substanțelor organice persistente (CCO_{Cr}), rezultatele demonstrează că în amonte de vărsare a Răutului apele Nistrului sunt din clasa a II-a de calitate – ape de calitate bună, iar în aval de vărsare a afluentului clasa de calitate se schimbă și apele devin moderat poluate (clasa a III-a de calitate) (Fig.9).

Așadar, rezultatele obținute demonstrează influența pronunțată a Răutului asupra conținutului de substanțe organice greu degradabile în apele nistrene.

Conținutul diferitor forme ale elementelor biogene. Valorile medii ce caracterizează conținutul nitraților în apele nistrene demonstrează că pe segmentul studiat concentrația acestor ioni nu se deosebește esențial (Tab.9).

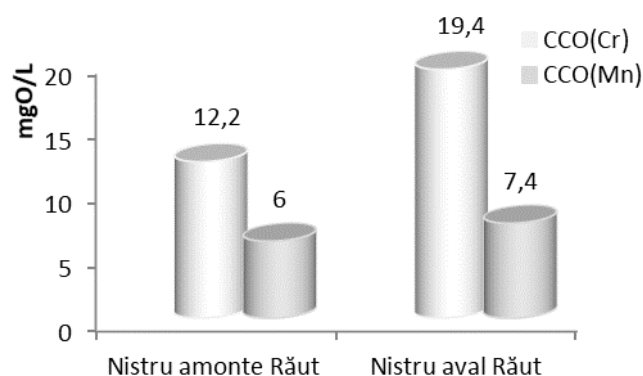


Fig.9. Influența r. Răut asupra conținutului substanțelor organice bionedegradabile în apele r. Nistru (anii 2015-2018).

Tabelul 9

**Conținutul formelor minerale ale azotului și fosforului în apele Nistrului
în perioada anilor 2015-2018**

	$N-NO_3^-$, mg/dm^3	$N-NO_2^-$, mg/dm^3	$N-NH_4^+$, mg/dm^3	$\sum N_{min}$, mg/dm^3	PO_4^{3-} , mg/dm^3	P_{min} , mg/dm^3
Nistru amonte Răut	3,646	0,055	0,17	3,67	0,46	0,15
Nistru aval Răut	3,482	0,047	0,22	3,70	0,90	0,30

La fel, nu a fost depistată o schimbare esențială în conținutul mediu al nitriților pe parcursul anilor. În schimb, a fost depistată o creștere cu cca 30% a ionilor de amoniu după vărsarea în Nistru a r. Răut, ceea ce la fel denotă contribuția afluentului la poluarea apelor fluviului cu ape reziduale neepurate, deșeuri menajere și animaliere și altele.

Conținutul mediu al fosfaților în Nistru pe segmentul studiat creștea pe măsura vărsării în el a apelor Răutului și constituia, în medie, în priza de captare în amonte de vărsare a afluentului 0,46 mg/dm³, iar în aval de vărsare a r. Răut – 0,90 mg/dm³, concentrația fiind practic de două ori mai mare în comparație cu prima priză. Aceste rezultate demonstrează rolul negativ al afluentului în creșterea conținutului elementelor biogene în apele nistrene.

Concluzii

Generalizând rezultatele monitoringului apelor r. Răut la gura de vărsare a acestora în fluviul Nistru în perioada anilor 2015-2018, concluzionăm următoarele.

Apele râului Răut la gura de vărsare a acestora în fluviul Nistru în perioada anilor 2015-2018 pot fi caracterizate ca ape cu o duritate totală excesivă (clasa a IV-a de calitate) și cu o mineralizare medie de 1780 mg/l, ceea ce face imposibil de a utiliza aceste ape pentru irigare. Apele sunt din clasa apelor sulfatice sau sulfato-clorice, din grupa sodiului și tipul I, în care conținutul hidrogenocarbonaților este mai mare decât duritatea totală, sau tipul II (atunci când duritatea totală este mai mare decât concentrația hidrogenocarbonaților, dar mai mică decât suma acestora cu sulfatii). În cca 70% din cazuri, apele Răutului au fost din grupa apelor sodice, în care se înregistrau ionii de carbonat și valori excesive ale pH-ului, ceea ce reprezintă un factor de risc pentru dezvoltarea microflorei patogene și apariția factorilor de toxicitate a apelor.

Apele râului Răut sunt excesiv poluate cu substanțe organice greu degradabile și cu diverse forme minerale ale elementelor biogene. În cele mai dese cazuri, apele afluentului sunt atribuite la clasele IV-V de calitate, ceea ce corespunde apelor poluate și apelor puternic poluate (*codul portocaliu și codul roșu*). Conținutul excesiv de azot mineral în apele Răutului creează un precedent real pentru eutrofizarea antropogenă rapidă a râului.

Datele obținute denotă influența considerabilă a Răutului asupra conținutului ionilor principali în apele Nistrului și schimbarea coraportului dintre ionii principali în Nistru în aval de vărsare în el a râului Răut. Influența Răutului asupra compoziției chimice a Nistrului se manifestă în creșterea durității totale a fluviului în aval de vărsare a afluentului cu 7%, mineralizării – cu cca 15%, creșterea ponderii sulfatilor până la 40%, a ionilor de magneziu până la 17% în mineralizarea apelor.

Pătrunderea în Nistru a apelor Răutului a provocat poluarea fluviului cu cantități esențiale de substanțe organice greu degradabile (CCO_{Cr}, CCO_{Mn}) și transformarea apelor din categoria clasei a II-a de calitate – ape de calitate bună (depistată în amonte de vărsare a afluentului) în clasa a III-a de calitate – ape moderat poluate, în aval de vărsare a Răutului. A fost stabilită tendința de creștere a concentrației diverselor forme ale elementelor biogene în apele Nistrului în aval de vărsare a Răutului – concentrația ionilor de amoniu în apa fluviului a crescut cu 30%, iar conținutul fosforului total s-a dublat, ceea ce prezintă un pericol real pentru ecosistemul fluviului.

Notă: Lucrarea a fost efectuată în cadrul Proiectului Instituțional „Elaborarea procedeelelor de epurare a apelor reziduale de poluanți greu biodegradabili și compoziția, autopurificarea chimică, posibilități de valorificare a apelor din bazinul Nistrului de Jos”, din cadrul direcției strategice 50.07 „Materiale, tehnologii și produse inovative”, înscris în Registrul de Stat al proiectelor din sfera științei și inovării cu cifrul 15.817.02.35A.

Referințe:

- GLADCHI, V., GOREACEVA, N., DUCA, Gh., BUNDUCHI, E., BORODAEV, R., ȘURÎGHINA, O., LIS, A. Chemical Compozition of Right Bank tributaries of Nistru River and Their General Impact. In: *The Management of Water Quality in Moldova*, Edited by Springer, 2014, p.81-96. ISSN 0921-092X, ISBN 978-3-319-02707-4
- ROMANCIUC, L., GLADCHI, V., GOREACEVA, N., BUNDUCHI, E., DUCA, Gh. *The role of Ecological Chemistry in Pollution Research and Sustainable Development*. Springer book, 2009, p.57-64.
- ГОРЯЧЕВА, Н.В., ГЛАДКИЙ, В.И., БУНДУКИ, Е.Г.. Кислородный режим вод нижнего Днестра в 2015-2016 гг. В: *Materialele Conferinței internaționale „Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы”*. Tiraspol, 26-27 octombrie 2017, p.64-67. ISBN 978-9975-66-591-9
- ГОРЯЧЕВА, Н.В., ГЛАДКИЙ, В.И., ДУКА, Г.Г., БУНДУКИ, Е.Г., ШУРЫГИНА, О. Пространственно-временная изменчивость ионного состава вод молдавского участка среднего Днестра. В: *Зб. наук. статей Міжнар. наук.-практич. конф. „Екологічні проблеми Чорного моря”, Одеса, 27-28 жовтня 2011*. Отв. ред. В.М. Небрата. Одеса: ІІЦ «ІНВАЦ», 2011, с.270-273.
- ГОРЯЧЕВА, Н., ГЛАДКИЙ, В., БУНДУКИ, Е., БОРОДАЕВ, Р. Вынос в Днестр химических веществ с малых водосборов. В: *Сб. науч. стат. X-й Межд. науч.-техн. конф. «Наука, образование, производство в решении экологических проблем»*. Уфа: УГАТУ, 2013, с.128-133.
- Горячева Н., Гладкий В., Дука Г., Бундуки Е., Бородаев Р., Шурыгина О. Результаты мониторинга вод среднего Днестра. В: *Зб. наук. статей Міжнар. наук.-практич. конф. «Екологічні проблеми Чорного моря», Одеса, 1-2 листопада 2010*. Отв. ред. В.М. Небрата. Одеса: ІІЦ «ІНВАЦ», 2010, с.171-174.
- ГОРЯЧЕВА, Н., ДУКА, Г., ГЛАДКИЙ, В., РОМАНЧУК, Л. Изменение солевого состава малых рек Молдовы в условиях регулирования стока. В: *Сборник «Эколого-гидрохимические проблемы изучения и использования водных ресурсов»*, Казань, Россия, 2008, с.342-347.
- ГОРЯЧЕВА, Н., ГЛАДКИЙ, В., РОМАНЧУК, Л. *Гидрохимия малых рек междуречья Дуная и Днестра. Экологические проблемы Черного моря*. Одесса: ЦНТИ, 2004, с.171-174.
- GLADCHI, V., DUCA, Gh., GOREACEVA, N., BUNDUCHI, E., LIS, A. Chemical composition from the Dniester river tributaries. In: *Chem. J. Mold.*, 2013, no.8(1), p.23-32.
- ГОРЯЧЕВА, Н., ГЛАДКИЙ, В., БУНДУКИ, Е., ЛИС, А. Органическое вещество в водах притоков Днестра. В: *Studia Universitatis. Seria „Științe ale naturii”*, 2013, nr.1(61), p.131-135.
- ГЛАДКИЙ, В., ГОРЯЧЕВА, Н., БУНДУКИ, Е., ШУРЫГИНА, О. Биогенный вынос в Днестр с территорий малых водосборов. В: *Studia Universitatis. Seria „Științe ale naturii”*, 2013, nr.1(61), p.131-135.
- ГЛАДКИЙ, В., ГОРЯЧЕВА, Н., БУНДУКИ, Е. Оценка нагрузки от правых притоков Днестра. În: *Mediul Ambient*, 2013.
- ГЛАДКИЙ, В., ГОРЯЧЕВА, Н., БУНДУКИ, Е., ШУРЫГИНА, О. Современная гидрохимическая ситуация в устье р. Реут. В: *Матер. 4 Межд. науч.-практ. конф. «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья»*, Тирасполь, 9-10 ноября 2012. Отв. ред. др. Ф.И. Филипенко. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2012, с.78-80.
- BOIAN, I., GILCĂ, G., SANDU, M., TĂRIȚĂ, A., SPĂTARU, P., GLADCHI, V., BOGDEVICI, O. Poluarea transfrontalieră a apelor de suprafață. În: *Starea mediului în Republica Moldova în 2007-2010 (Raport Național)*. Chișinău: S. n., Tipografia „Nova-Imprim” SRL, 2011, p.86-89. ISBN 978-9975-4224-4-4
- MUSTEA, M., BOIAN, I., GALCĂ, G., SANDU, M., TĂRIȚĂ, A., ZUBCOV, E., SIREȚEANU, D., GLADCHI, V., PREPELIȚA, A., JELEAPOV, V., SERENCO, L., GILCĂ, G. Starea resurselor de apă. În: *Starea mediului în Republica Moldova în 2007-2010 (Raport Național)*. Chișinău: S. n., Tipografia „Nova-Imprim” SRL, 2011, p.75-80. ISBN 978-9975-4224-4-4
- MUSTEA, M., SERENCO, L., GILCĂ, G., SANDU, M., TĂRIȚĂ, A., LOZAN, R., MOȘANU, E., SOHOȚCHI, V., GLADCHI, V., ZUBCOV, E. Sursele și factorii de poluare a apelor și starea epidemiologică. În: *Starea mediului în Republica Moldova în 2007-2010 (Raport Național)*. Chișinău: S. n., Tipografia „Nova-Imprim” SRL, 2011, p.81-85. ISBN 978-9975-4224-4-4
- GLADCHI, V., GOREACEVA, N., DUCA, Gh., BUNDUCHI, E., ANGHEL, L., ȘURÎGHINA, O., ROMANCIUC, L. Impactul afluenților din dreapta asupra calității apelor fluviului Nistru. În: *Revista apelor*, 2011, nr.12, p.14-18.
- DUCA, Gh., GLADCHI, V., GOREACEVA, N. *Lucrări practice la Chimia Apelor Naturale*. Chișinău: CEP USM, 2007. 108 p.
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova pentru aprobarea Regulamentului cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață, nr.890 din 12.11.2013. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2013, nr.262-267.
- GLADCHI, V. *Transformările catalitice și starea redox a mediului ambiant* / Sub red. acad. Gh.Duca. Chișinău: CEP USM, 2018. 212 p. ISBN 978-9975-71-996-4

21. ХУАН, Жань-Жань. *Геоэкологическая оценка трофического статуса пресноводных озер Китая*: Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Санкт-Петербург, 2013. 149 с.
22. МАКАРОВА, Н.В., ТРОФИМЕЦ, В.Я. *Статистика в Excel*. Москва: Финансы и статистика, 2002. 368 с.

Date despre autor:

Viorica GLADCHI, doctor în științe chimice, conferențiar universitar, Facultatea de Chimie și Tehnologie chimică, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: viorica.gladchi@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9960-612X

Prezentat la 20.04.2019