

CAPACITATEA DE AUTOPURIFICARE BIOLOGICĂ A APELOR NATURALE ȘI UZATE PRIN EVALUAREA RAPORTULUI DINTRE POLUANȚII BIODEGRADABILI ȘI CEI TOXICI

*Gheorghe DUCA, Maria SANDU, Viorica GLADCHI,
Angela LIS, Vladislav BLONSCHI,*

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul dat evidențiază impactul semnificativ al poluării chimice a mediului acvatic, provenite din diverse surse - continue, intermitente și accidentale - cu o atenție specială acordată râurilor mici din Republica Moldova.

În articol se aplică metodologia evaluării capacității de autopurificare biologică a apelor naturale și reziduale, utilizând parametrii consumul biochimic de oxigen (CBO_5) și consumul chimic de oxigen (CCO_{Cr}). Acești parametri sunt esențiali pentru aprecierea aportului proceselor de biodegradare a poluanților în apele naturale și reziduale. În baza raportului CBO_5/CCO_{Cr} apele se clasifică în cinci nivele de autopurificare, de la eficientă până la imposibilă.

Lucrarea subliniază necesitatea respectării cerințelor normative pentru epurarea apelor uzate provenite din diferite sectoare economice. Pentru monitorizarea respectării acestor cerințe se sugerează calcularea capacității de autopurificare folosind raportul CBO_5/CCO_{Cr} .

Cuvinte-cheie: *autopurificare, consumul biochimic de oxigen, consumul chimic de oxigen, capacitatea de autopurificare a apelor, sisteme acvatice, monitorizare, bazin hidrografic.*

THE BIOLOGICAL SELF-PURIFICATION CAPACITY OF NATURAL AND WASTE WATERS BY ASSESSING THE RATIO BETWEEN BIODEGRADABLE AND TOXIC POLLUTANTS

The study emphasizes the significant impact of chemical pollution in the aquatic environment, originating from various sources - continuous, intermittent, and accidenta - with particular focus on small rivers in the Republic of Moldova.

The article applies the methodology for evaluating the self-purification capacity of natural and waste waters using parameters as biochemical oxygen demand (BOD_5) and chemical oxygen demand (COD_{Cr}). These parameters are essential for assessing the contribution of pollutant biodegradation processes in natural and waste waters. The classification of waters into five levels of self-purification, from efficient to impossible, is based on the ratio BOD_5/COD_{Cr} .

This paper emphasizes the need to comply with the normative requirements for the treatment of wastewater from different economic sectors. Monitoring compliance with these requirements can be achieved by calculating the self-purification capacity using the BOD_5/COD_{Cr} ratio.

Keywords: *self-purification, biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD_{Cr}), water self-purification capacity, aquatic systems, monitoring, hydrographic basin.*

Introducere

Poluarea apelor naturale cu substanțe chimice are loc prin apele de șiroire provenite din apele meteorice care au spălat terenurile agricole și industriale, deversarea în ele a apelor reziduale menajere și industriale, precum și a reziduurilor lichide și solide provenite din diferite localități. Sursele de poluare a apei cu substanțe chimice pot fi *continue* (de exemplu, sistemul de canalizare din localități sau instalații industriale), *temporare* sau *mobile temporar* (cum ar fi sistemele de canalizare a instalațiilor sezoniere, nave, locuințe, autovehicule etc.) și *accidentale* (accidente ale instalațiilor, rezervoarelor, conductelor etc.).

În Republica Moldova, controlul se limitează la sursele de poluare ale sistemelor acvatice provenite de la utilizatorii primari de apă. Acestea afectează negativ apele de suprafață, mai ales din cauza epurării insuficiente și, în multe cazuri, a evacuării apelor uzate neepurate. Dintre cele 270 de stații de epurare monitorizate în anul 2021, doar 117 dispuneau de documentație tehnică, dintre care 29 funcționau conform

normelor de epurare. Alte 160 de unități funcționau cu epurare insuficientă, 18 - cu epurare parțială, iar 61 nu erau operaționale [1]. Această situație contribuie la poluarea cu substanțe chimice a apelor naturale și celor uzate deversate în mediu, în special în râurile mici din Republica Moldova.

Autopurificarea apelor este un fenomen complex care include procese biologice, chimice și fizice prin care un mediu poluat își recapătă calitatea inițială fără intervenții antropice [2]. Capacitatea de autopurificare a apelor depinde de compoziția chimică, temperatura, diversitatea, natura și persistența poluanților, precum și de calitatea epurării apelor uzate.

În literatura de specialitate există numeroase studii științifice detaliate, care reflectă compoziția chimică a apelor și procesele fizico-chimice și biochimice ce au loc în prezența poluanților chimici [3-20]. Un studiu complex despre procesele chimice, care contribuie la autopurificarea apei, a fost realizat de echipa acad. Gh. Duca, iar rezultatele au fost prezentate în diverse publicații științifice, o sinteză fiind disponibilă într-o publicație din anul 2022 [21]. În lucrare a fost evaluat rolul semnificativ al proceselor de hidroliză, fotoliză și transformărilor redox ale poluanților, precum și importanța oxigenului dizolvat în astfel de procese. La fel, este evidențiată importanța parametrilor de calitate care determină cantitatea poluanților organici biodegradabili și celor persistenți (care nu se supun transformărilor biochimice). Primul grup poate fi apreciat cu ajutorul parametrului *Consumul biochimic de oxigen timp de 5 zile* (CBO_5 , mgO₂/L), iar cel de-al doilea – cu ajutorul parametrului *Consumul chimic de oxigen* (CCO_{Cr} , mgO/L). În același timp, pentru estimarea calității apelor reziduale epurate se folosește, în primul rând, parametrul CBO_5 , deoarece aceste ape se tratează preponderent prin aplicarea metodelor biologice care implică utilizarea nămolului activ.

Reieșind din cele expuse, scopul prezentului studiu constă în evidențierea importanței evaluării capacității de autopurificare biologică a apelor prin aplicarea parametrilor CBO_5 și CCO_{Cr} , precum și calcularea raportului dintre aceștia pentru evaluarea gradului de autopurificare a apelor naturale și reziduale.

Importanța evaluării raportului CBO_5/CCO_{Cr} este subliniată și în documentele normative ale Uniunii Europene, precum și în diverse publicații științifice, în care se consideră un indicator esențial în evaluarea capacității de autopurificare a apelor naturale și reziduale [22-25].

Materiale și metode

Pentru evaluarea capacității de autopurificare (CA) a apelor naturale și celor reziduale, tratate biologic, se calculează raportul dintre CBO_5 și CCO_{Cr} . Determinarea parametrilor CBO_5 și CCO_{Cr} este reglementată prin legislația națională [22]. Acești parametri pentru apele naturale și reziduale sunt determinați conform standardelor naționale [22-26].

Este cunoscută clasificarea CA a apelor, care include trei grade – autopurificare ușoară ($CBO_5/CCO_{Cr} - 0,6$), autopurificare medie ($0,4-CBO_5/CCO_{Cr} - 0,2$) și autopurificare mică ($CBO_5/CCO_{Cr} - 0,2$) [27].

Studiul dat propune o clasificare mai detaliată a CA a apelor de suprafață și a apelor reziduale epurate prin metoda biologică, care include cinci grade de autopurificare.

Tabelul 1. Gradul de autopurificare a apelor naturale și celor reziduale epurate biologic reieșind din valorile CA ($CA=CBO_5/CCO_{Cr}$).

Nr.	CA	Gradul autopurificării
1	>0,6	eficientă
2	0,4-0,6	mare și se va produce ușor
3	0,2-0,4	medie și se va produce numai la regim termic favorabil populației bacteriene adaptată
4	0,1-0,2	mică și se va produce lent numai la regim termic favorabil populației bacteriene adaptată
5	<0,1	imposibilă, poluanții sunt toxici și nu se supun degradării biochimice

Pentru evaluarea gradului de autopurificare a diferitor tipuri de ape de suprafață, în studiul dat au fost analizați parametrii respectivi pentru ape naturale și ape reziduale ipotetice.

Din primul grup fac parte apele lotice și lentiche din bazinul hidrografic al fluviului Nistru, monitorizate pe parcursul anilor 2020-2023 în cadrul proiectului 20.80009.5007.27 finanțat de ANCD. Sistemele lotice reprezintă fluviul Nistru, cuprins între barajul de la Dubăsari și or. Vadul lui Vodă și afluenții săi Răut și

Ichel. Sistemele lactice analizate sunt lacurile de acumulare - Ghidighici, situat pe r. Bâc, care se varsă apoi în Nistru și lacul Dănceni, situat pe r. Ișnovăț, afluentul Bâcului. Prin urmare, a fost analizată baza de date privind valorile CBO_5 și CCO_{Cr} acumulată prin prelevarea și analiza probelor de apă.

Cel de-al doilea grup reprezintă exemple în care apele uzate, pot conține diferiți poluanți organici, provenite din multiple procese tehnologice și care pot fi prezente în aceste ape în concentrații de 1 mg/L. Pentru aceste cazuri sunt cunoscute valorile parametrilor CBO_5 și CCO_{Cr} [28], ceea ce a făcut posibil calcularea raportului CBO_5/CCO_{Cr} și gruparea poluanților în diverse grupe după gradul de autopurificare a apelor în prezența poluantului respectiv. De asemenea, sunt indicate domeniile economice în care sunt folosite substanțele respective [23, 29].

Rezultate și discuții

Gradul de autopurificare a apelor din sistemele lactice din bazinul fluviului Nistru

Pentru evaluarea gradului de autopurificare a apelor curgătoare din bazinul fluviului Nistru au fost colectate probe din 5 puncte de prelevare:

- 1 – fluviul Nistru, amonte de vărsare în el a râului Răut, or. Criuleni;
- 2 – r. Răut, s. Ustia, r. Dubăsari;
- 3 – fluviul Nistru, aval de vărsare a r. Răut;
- 4 – r. Ichel, s. Coșernița, r. Criuleni;
- 5 – fluviul Nistru, aval de vărsare în el a r. Ichel, or. Vadul lui Vodă.

Pentru o analiză mai amplă, au fost prelevate probe și din lacurile Ghidighici și Dănceni, care fac parte din bazinul hidrografic al fluviului Nistru.

Valorile parametrilor CBO_5 , CCO_{Cr} , raportul CBO_5/CCO_{Cr} și gradul de autopurificare a apelor sunt prezentate în tabelele 1-6.

Tabelul 2. Valorile parametrilor CBO_5 , CCO_{Cr} , raportul CBO_5/CCO_{Cr} și gradul de autopurificare a apelor fluviului Nistru în perioada anilor 2020-2023. Priza de captare - Nistru, amonte r. Răut.

Data	CBO_5 , mgO_2/L	CCO_{Cr} , mgO/L	CBO/CCO_{Cr}	Grad de autopurificare a apelor
06.2020	4,8	13	0,37	medie
09.2020	0,6	14	0,04	imposibilă
11.2020	2,6	15	0,17	mică
03.2021	0,6	17	0,04	imposibilă
06.2021	2,6	16	0,16	mică
10.2021	4,6	19	0,24	medie
11.2021	7,4	20	0,37	medie
03.2022	3,8	13	0,29	medie
06.2022	3,6	18	0,20	mică
09.2022	1,5	20	0,08	imposibilă
11.2022	2,5	23	0,11	mică
04.2023	3,7	21	0,18	mică
06.2023	6,0	21	0,29	medie
09.2023	2,1	17	0,12	mică
Media	3,3	17,6	0,19	mică

Rezultatele obținute demonstrează că pe parcursul perioadei de monitorizare în această priză de captare parametrul CA a variat de la 0,04 (septembrie 2020) până la 0,37 (iunie 2020, noiembrie 2021), media fiind 0,19 (tab. 1). Analiza valorilor indică o tendință de micșorare lentă a valorii CA a apelor pe parcursul anilor.

În 36% de cazuri a fost depistată o valoare a CA medie, care poate fi realizată numai la regimul termic favorabil populației bacteriene adaptată, iar în 64% de cazuri CA a fost mică (43% de cazuri) sau imposibilă (21% de cazuri).

După vărsarea apelor r. Răut în fluviul Nistru, valorile CA a apelor demonstrează o influență negativă a afluentului asupra parametrului monitorizat.

Tabelul 3. Valorile parametrilor CBO_5 , CCO_{Cr} , raportul CBO_5/CCO_{Cr} și gradul de autopurificare a apelor fluviului Nistru în perioada anilor 2020-2023. Priza de captare - Nistru, aval de r. Răut.

Data	CBO_5 , mgO_2/L	CCO_{Cr} , mgO/L	CBO/CCO_{Cr}	Grad de autopurificare a apelor
06.2020	4,8	13	0,37	medie
09.2020	0,5	18	0,03	imposibilă
11.2020	0,5	21	0,02	imposibilă
03.2021	1,6	23	0,07	imposibilă
06.2021	2,2	23	0,10	mică
10.2021	2,4	27	0,09	imposibilă
11.2021	4,3	20	0,22	medie
03.2022	3,7	20	0,19	mică
06.2022	4,1	23	0,18	mică
09.2022	1,9	24	0,08	imposibilă
11.2022	2,8	22	0,13	mică
04.2023	3,4	27	0,13	mică
06.2023	5,9	36	0,16	mică
09.2023	1,8	22	0,08	imposibilă
Media	2,85	22,8	0,13	mică

Ca rezultat s-a stabilit că valoarea maximală a parametrului CA este de 0,37 (iunie 2020) și cea minimală de 0,02 (noiembrie 2020), media fiind 0,13. Menționăm că valoarea medie a parametrului CA în această priză de captare corespunde gradului de autopurificare *mică* și este mai mică cu peste 40% în comparație cu priza de captare situată pe fluviul Nistru în amonte de vărsare a r. Răut ($CA = 0,19$).

Tendința dinamicii parametrului CA în perioada monitorizată demonstrează scăderea capacității de autopurificare a apelor fluviului. În această priză de captare se observă micșorarea cazurilor de autopurificare *medie* cu 22%, comparativ cu priza de captare precedentă, și creșterea până la 86% a cazurilor de autopurificare *mică* sau *imposibilă*, ceea ce constituie o creștere cu cca 34% comparativ cu apele Nistrului în amonte de vărsare a r. Răut.

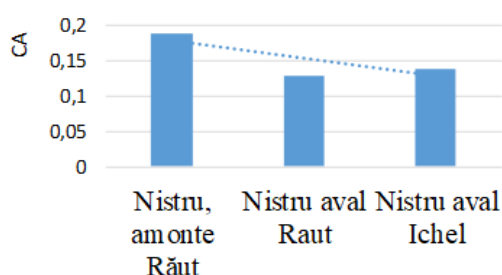
Spre deosebire de r. Răut, r. Ichel nu influențează semnificativ capacitatea de autopurificare a fluviului Nistru, ceea ce poate fi explicat prin debitul neînsemnat al afluentului nominalizat. Influența nesemnificativă a r. Ichel se observă prin aceea că are loc creșterea foarte ușoară a valorii CA *medie* a fluviului, precum și creșterea ponderii cazurilor de autopurificare *medie* cu 9% în comparație cu priza în aval de vărsare a r. Răut, de la 14% până la 23%.

Tabelul 4. Valorile parametrilor CBO_5 , CCO_{Cr} , raportul CBO_5/CCO_{Cr} și gradul de autopurificare a apelor fluviului Nistru în perioada anilor 2020-2023. Priza de captare - Nistru, aval r. Ichel.

Data	CBO_5 , mgO_2/L	CCO_{Cr} , mgO/L	CBO/CCO_{Cr}	Grad de autopurificare a apelor
06.2020	4,4	14	0,31	medie
09.2020	1,2	16	0,08	imposibilă
11.2020	0,9	17	0,05	imposibilă
03.2021	1,9	19	0,10	mică

06.2021	1,4	19	0,07	<i>imposibilă</i>
10.2021	2,6	16	0,16	<i>mică</i>
11.2021	4,3	19	0,23	<i>medie</i>
03.2022	2,4	16	0,15	<i>mică</i>
06.2022	7,5	30	0,25	<i>medie</i>
09.2022	2,7	19	0,14	<i>mică</i>
04.2023	3,4	57	0,06	<i>imposibilă</i>
06.2023	3,6	35	0,10	<i>mică</i>
09.2023	2,0	27	0,07	<i>imposibilă</i>
Media	2,95	23,4	0,14	mică

Fig. 1. Capacitatea de autopurificare a fluviului Nistru în perioada anilor 2020-2023.



La fel, ponderea cazurilor de autopurificare *mică* sau *imposibilă* în această priză s-a micșorat cu 9% comparativ cu priza precedentă și a constituit 77%. Ca și în cazurile precedente, se observă o tendință de micșorare lentă a intensității proceselor de autopurificare a apelor în această priză de captare.

Analiza valorilor CA a apelor fluviului Nistru în porțiunea amonte de vărsare în el a r. Răut – aval de vărsare a r. Ichel demonstrează că pe parcursul scurgerii apelor are loc micșorarea capacității de autopurificare ale acestora (fig. 1). În general, CA pe tot segmentul monitorizat poate fi caracterizată ca fiind una mică și care poate fi realizată lent, numai la regim termic favorabil populației bacteriene adaptată. Ponderea medie a poluanților biodegradabili variază între 0,19 și 0,13, maximală fiind în amonte de vărsare în Nistru a r. Răut, iar minimală – în aval de vărsare al acestuia. Tendința generală pe segmentul studiat indică micșorarea valorilor CA a apelor fluviului Nistru pe măsura scurgerii. Acest fenomen poate fi explicat prin faptul că are loc poluarea permanentă a apelor prin deversările apelor uzate netratate sau slab tratate, scurgerile de ape de pe suprafața solurilor, gunoiștilor neautorizate sau neamenajate corespunzător, păscutul nesancționat al animalelor în zone de protecție a fluviului etc.

Comparația valorilor CA a apelor afluenților Nistrului, râurile Răut și Ichel, denotă variația esențială a valorilor CA pe parcursul perioadei de monitorizare în apele r. Ichel și valori mai stabile ale CA pentru apele r. Răut.

Valoarea *medie* a parametrului CA pentru apele r. Răut (0,13) indică asupra capacității de autopurificare mică a apelor, care poate fi realizată lent numai la regim termic favorabil populației bacteriene adaptată. În cazul apelor r. Ichel valoarea acestui parametru este în medie de 0,20, ceea ce înseamnă că procesele de autopurificare biologică pot să se desfășoare cu intensitate medie și se va produce numai la regim termic favorabil populației bacteriene adaptată.

Tabelul 5. Valorile parametrilor CBO_5 , CCO_{Cr} și raportul CBO_5/CCO_{Cr} a apelor râurilor Răut și Ichel în perioada anilor 2020-2023.

Data	r. Răut			r. Ichel		
	CBO_5 , mgO ₂ /L	CCO_{Cr} , mgO/L	CBO/CCO_{Cr}	CBO_5 , mgO ₂ /L	CCO_{Cr} , mgO/L	CBO/CCO_{Cr}
06.2020	4,7	33	0,14	14,2	28	0,51
09.2020	4,2	32	0,13	5,2	33	0,16
11.2020	2,3	29	0,08	5,4	29	0,19
03.2021	9,4	40	0,24	7,7	37	0,21
06.2021	3,4	39	0,09	3,2	38	0,08

10.2021	6,9	57	0,12	5,0	35	0,14
11.2021	6,4	56	0,11	9,3	36	0,26
03.2022	2,9	28	0,10	6,2	39	0,16
06.2022	7,0	30	0,23	8,1	27	0,30
09.2022	3,0	30	0,10	5,8	27	0,21
11.2022	4,2	38	0,11	5,8	27	0,22
04.2023	3,1	39	0,08	5,3	39	0,14
06.2023	5,5	37	0,15	6,3	46	0,14
09.2023	5,0	41	0,12	1,1	28	0,04
Media	4,9	37,8	0,13	6,3	33,4	0,20

Calculule realizate demonstrează că capacitatea de autopurificare biologică a apelor din r. Ichel este cu cca 30% mai eficientă, comparativ cu apele r. Răut. Totuși, în cazul apelor r. Ichel, cantitatea poluanților biodegradabili este mai mare, în comparație cu apele din r. Răut, ceea ce indică la poluarea cu deșeurile menajere, ape netratate, păscutul animalelor în zonele de protecție a apelor și altele. În cazul apelor din r. Răut se evidențiază o pondere mai mare de poluanți persistenți, care nu pot fi degradate biochimic și provin din apele de la diverse procese tehnologice care utilizează astfel de substanțe toxice pentru mediul acvatic. Acest fenomen demonstrează și fig. 1, din care se observă că în peste 70% din probele analizate, parametrul CA pentru apele din r. Ichel are valori mai mari, comparativ cu același parametru a apelor din r. Răut.

Gradul de autopurificare a apelor în cazul prezenței în ele a diferitor poluanți antropogeni

În cadrul studiului multe substanțe, în prezența cărora apele posedă o capacitate de autoepurare eficientă (CA>0,6), sunt utilizate în medicină, precum și în produse naturale (de exemplu, acizii maleic, oxalic și stearic, aldehida benzoică, glucoza, zaharoza).

Tabelul 6. Unele substanțe care nu afectează autopurificarea eficientă a apelor, domeniile de utilizare ale acestora în activități economice și prezența lor în natură.

	Substanța	CCO _{Cr}	CBO ₅	CA	Utilizarea în medicină, activități economice și prezente în natură [26, 29]
		mgO/L	mgO ₂ /L		
		[28]			
1.	Acetat de sodiu	0,68	0,52	0,76	aditiv alimentar
2.	Acid lactic	1,07	0,96	0,90	la exfolierea chimică a suprafeței pielii
3.	Acid maleic	0,83	0,57	0,69	se gasește în mere și pere
4.	Acidul acetic	1,07	0,77	0,72	agent de curățare și dezinfectare, în alimentație și ca materie primă în industria farmaceutică
5.	Acidul glutamic	0,98	0,64	0,65	substanță importantă în metabolismul celular
6.	Acidul oxalic	0,17	0,14	0,82	în spanac, soia, ceai, cafea, cereale, insecticid
7.	Acidul stearic	2,94	1,79	0,61	prezent în mod natural în compoziția unturilor (28%-45%) și a uleiurilor
8.	Alcool etilic	2,08	1,82	0,88	în băuturile alcoolice, ca solvent, sursă de combustibil și ca materie primă pentru sinteza altor compuși
9.	Alcool izopropilic	2,4	1,59	0,66	denaturat pentru anumite întrebuințări
10.	Alcool propilic (propanol)	2,4	1,5	0,63	solvent în industria farmaceutică
11.	Aldehida formică	1,07	0,68	0,64	reactiv pentru analiză, mediu de fixare în anatomia patologică, producție chimică
12.	Amidon	1,03	0,63	0,61	prepararea multor produse alimentare

13.	Anilina	2,41	1,76	0,73	fabricarea de coloranți, antioxidanți, acceleratori de vulcanizare, materiale plastice, numeroase medicamente
14.	Chinolina	1,97	1,77	0,90	precursor al 8-hidroxihiolinolei, agent elastic și precursor al pesticidelor;
15.	Ciclohexanol	2,34	1,6	0,68	precursor pentru nailon
16.	Etanolamina	1,31	0,8	0,61	utilizată pentru a obține etilendiamină
17.	Glucoza	0,6	0,53	0,88	se găsește în sucul fructelor dulci
18.	Zaharoza	1,12	0,7	0,63	se conține în sfecla de zahăr, în trestia de zahăr, în fructe, în frunze de plante

Substanțele analizate în studiu, prezența cărora în apă determină o capacitate de autopurificare *mare*, realizabilă cu ușurință ($CA=0,4-0,6$), sunt utilizate în diverse domenii, inclusiv în medicină și industrie. La fel, unele dintre acestea se găsesc și în produse naturale.

Tabelul 7. Unele substanțe, în prezența cărora se realizează autopurificarea apelor cu capacitate mare și ușor realizabilă, domeniile de utilizare ale acestora în activități economice și prezența lor în produse naturale.

	Substanța	CCO _{Cr} ³	CBO ₅ ²	CA	Utilizarea în medicină, activități economice și prezente în natură [26, 29]
		mgO/L	mgO ₂ /L		
		[28]			
1.	Acetamida	1,08	0,63	0,58	plastifiant și solvent industrial
2.	Acetat de calciu	0,71	0,42	0,59	industria alimentară, în pâine, regulator de aciditate, în medicină
3.	Acetat de potasiu	0,64	0,32	0,50	aditiv alimentar, stabilizator și substanță tampon
4.	Acetat de etil	1,88	0,86	0,46	în lipiciuri, soluții de îndepărtat oja, decafeinizarea ceaiului și cafelei etc.
5.	Acid benzoic	2,00	0,96	0,48	acidul și sărurile lui sunt utilizați ca conservanți alimentari.
6.	Acid cloracetic	0,59	0,30	0,51	în sinteza organică, de exemplu a unor medicamente
7.	Acid formic	0,35	0,18	0,51	solvent organic, la fabricarea insecticidelor și în industria tăbăcării
8.	Acid salicilic	2,09	0,95	0,45	sinteza organică, tratarea tenului, curățarea pielii predispuse la acnee
9.	Acidul tartric	0,52	0,30	0,58	fructe (struguri și banane), vin
10.	Alanina	1,89	0,84	0,44	în componența proteinelor
11.	Alcool butilic	2,60	1,26	0,48	produs al fermentației zaharurilor și glucidelor prezent în alimente și băuturi
12.	Alcoolul izoamilic	2,73	1,50	0,55	solvent în industria de parfumerie și cosmetică
13.	Alcool izobutilic	2,60	1,40	0,54	în produse de curățare și solvenți
14.	Alcool pentilic (Pentanol)	2,73	1,23	0,45	solvent și în reacția de esterificare pentru obținerea acetatului de amid
15.	Aldehida acetică	1,82	1,07	0,59	prepararea acidului acetic, a acetatului de etil, în industria chimică
16.	Fenol	2,38	1,10	0,46	producerea rășinilor artificiale, ca bachelita, adeziv

17.	Furfurol	1,54	0,77	0,50	derivat din produse secundare din agricultură
18.	Lactoza	1,07	0,55	0,51	laptele sau produsele lactate
19.	Piridină	2,43	1,47	0,6	fabricarea unor medicamente, materii colorante

Autopurificarea *medie* a apelor (CA=0,2-0,4) se realizează în prezența substanțelor prezentate în tabelul 9. Acestea sunt utilizate în medicină, diferite domenii economice, la fel sunt prezente și în produse naturale.

Tabelul 8. Unele substanțe, în prezența cărora se realizează autopurificarea apelor cu capacitatea medie, domeniile de utilizare ale acestora în activități economice și prezența lor în produse naturale.

	Substanța	CCO _{Cr} ⁹	CBO ₅ ⁹	CA	Utilizarea în medicină, activități economice și prezente în natură [26, 29]
		mgO/L	mgO ₂ /L		
		[28]			
1.	Acid glicolic	0,63	0,175	0,28	ingredient din produsele pentru îngrijirea pielii
2.	Acid palmitic	2,87	1,1	0,38	în natură: în uleiul de tal și în toate grăsimile și uleiurile naturale
3.	Acidul pelargonic (nonanoic)	2,52	0,59	0,23	produs chimic cu utilizare de laborator sau analitică
4.	Acrilonitril	1,81	0,7	0,39	obținerea poliacrilonitrilului, melanei, a cauciucului sintetic, ca agent de cianoetilare etc.
5.	Aldehida acrilică (acroleina, propenal)	1,98	0,52	0,26	prepararea acidului acrilic
6.	Etilamina	2,13	0,8	0,38	gaz test, gaz de calibrare, uz de laborator
7.	Etilenglicol	1,5	0,54	0,36	materie primă la fabricarea fibrelor de poliester, în industria textilă
8.	Glicerina	1,98	0,52	0,26	industria explozivilor, pielăriei, de mase plastice, în farmacie și cosmetică
9.	Polietilenglicol	1,6	0,5	0,31	antispumant, emulgator, stabilizator, agent de îngroșare, agent de glazurare
10.	Trietilenglicol	1,65	0,5	0,30	aditiv pentru fluide hidraulice și lichide de frână
11.	Triclorbenzen	1,06	0,3	0,28	materie primă și solvent organic pentru coloranți, medicamente, pesticide

Substanțele care prezintă o biodegradabilitate mică împiedică realizarea eficientă a proceselor de autopurificare biologică. În prezența acestora se realizează autopurificarea apelor cu o capacitate între 0,1 și 0,2 (CA=0,1-0,2). Ele sunt folosite în diverse domenii economice în roluri precum dizolvant/solvent, plastifiant sau monomer.

Tabelul 9. Substanțe, în prezența cărora se realizează autopurificarea apelor cu capacitatea mică, domeniile de utilizare ale acestora în activități economice și prezența lor în produse naturale.

	Substanța	CCO _{Cr} ⁹	CBO ₅ ⁹	CA	Utilizarea în activități economice și prezente în natură [26, 29]
		mgO/L	mgO ₂ /L		
		[28]			
1.	Acetat de izopropil	2,02	0,26	0,13	dizolvant, în sinteza organică
2.	Benzen	3,07	0,5	0,16	întâlnit în cărbuni, petrol
3.	Dibutilftalat	2,24	0,43	0,19	Plastifiant, în procesul de confecționare a probelor biologice
4.	Dietilenglicol	1,27	0,176	0,14	solvent, în cerneală de imprimare, colorant

5.	Etilanilina	0,378	0,048	0,13	sinteza organică, este un intermediar al coloranților azoici și trifenilmetan
6.	Metacrilamida	1,7	0,17	0,10	monomer pentru producerea de polimeri, copolimeri, derivat de uree
7.	Palmitat de sodiu	2,61	0,45	0,17	săpun, substanță în detergent
8.	Amil acetat (pentil acetat)	2,34	0,31	0,13	solvent, aromatizant, alimentează lampa Hefner și producția fermentativă de penicilină
9.	Toluen	1,87	0,19	0,10	fabricarea vopselelor și a cleiurilor

Un grup de substanțe analizate în studiu prezintă acelea, în prezența cărora autopurificarea apelor se realizează cu o capacitate extrem de redusă, practic inexistentă ($CA < 0,1$). Aceste substanțe nu se oxidează pe calea biochimică și sunt foarte persistente în apă. Cu toate acestea, ele sunt utilizate în medicină, în diverse domenii economice și se regăsesc și în anumite produse naturale.

Tabelul 10. Substanțe, în prezența cărora este imposibilă autopurificarea apelor pe calea biochimică, domeniile de utilizare ale acestora în activități economice și prezența lor în produse naturale.

	Substanța	CCO _{Cr} , mgO/L	CBO ₅ , mgO ₂ /L	CA	Utilizarea în activități economice și prezența în natură [26, 29]
		[28]			
1.	Acid dicloracetic	0,59	0	0,00	metabolizarea unor medicamente ce conțin clor
2.	Acidul galic	1,13	0,08	0,07	în frunze de ceai, roșcova, coaja de stejar și alte plante
3.	Anizol (eter metil fenolic)	1,81	0,14	0,08	sinteza parfumurilor, feromonilor și medicamentelor
4.	Benzina, combustibil	3,54	0,11	0,03	utilizată în motoarele cu ardere internă
5.	Diclorețan	0,56	0	0,00	solvent pentru grăsimi, cauciucuri
6.	Dietanolamina	1,06	0,1	0,09	producerea de emulgatori, disperanți, stabilizatori de spumă
7.	Dietilanilina	2,79	0	0,00	producerea de coloranți azotici, trifenilmetan etc
8.	Dimetilaminobenzen (xilidina)	2,64	0	0,00	fabricarea coloranților azoici, adaos în benzina de avioane, reactiv de laborator
9.	Dimetil-formamida	1,54	0,02	0,01	solvent folosit pentru reacțiile chimice
10.	Formamida	0,35	0	0,00	fabricarea ierbicidelor, pesticidelor, sulfamidelor și a unor medicamente
11.	Hexametilendiamina	2,34	0,03	0,01	intermediar în sinteza fibrelor nailon
12.	Melamina	1,42	0,0006	0,00	fabricarea unor rășini, materiale plastice, burete și adezivi
13.	Metilizobutilcetonă	3,0	0,12	0,04	solvent pentru gume, rășini, vopsele, lacuri și nitroceluloză
14.	Morfolina	1,34	0,02	0,01	inhibitor de coroziune metalică, accelerator de vulcanizare a cauciucului
15.	Nitrobenzen	1,91	0,12	0,06	industria cosmetică
16.	Pirogalol	1,48	0,016	0,01	tehnica fotografiei, antiseptic
17.	Tributilfosfat	2,16	0,1	0,05	extractant și plastifiant
18.	Trietanolamina	1,66	0,01	0,01	industria farmaceutică

Studiul prezent abordează capacitatea de autopurificare a unui set selectat de substanțe (106 în total), așa cum sunt enumerate în Hotărârea Guvernului nr. 492 din 11 august 2015 [26]. Hotărârea menționează un total 974 de substanțe chimice autorizate pentru utilizare în fabricarea materialelor și obiectelor din plastic reciclat, destinate contactului cu produsele alimentare.

Chiar dacă unele substanțe, cum sunt cele prezentate în tabelul 11, nu se oxidează în procesul de epurare a apelor reziduale, unde se folosesc procedee biochimice, ele sunt totuși utilizate în diverse sectoare economice din Republica Moldova, inclusiv în industria coloranților, a insecticidelor și a petrolului. În aceste cazuri, se impune folosirea unor măsuri preventive pentru eliminarea acestor substanțe înainte de evacuarea lor în sistemele biologice de epurare a apelor uzate.

În acest context, este esențial să se respecte cerințele normative pentru epurarea apelor uzate, atât menajere, cât și cele provenite din diferite sectoare economice. De asemenea, este importantă evaluarea sistematică a parametrilor de calitate ai apelor reziduale epurate, înainte de deversarea acestora în mediul înconjurător, în diferite anotimpuri. Ar fi benefic să se calculeze capacitatea de autoepurare, folosind raportul CBO_5/CCO_{Cr} , parametri specificați pentru monitorizarea conformității cu normele de deversare a apelor uzate provenite din diverse activități economice, în corpurile de apă, în sistemul de canalizare și/sau în emisiile urbane și rurale.

Concluzii

1. Un element important în protejarea mediului înconjurător constă în respectarea cerințelor de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în corpurile de apă pentru localitățile urbane și rurale, expuse în Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 950 din 25 noiembrie 2013.

2. Evaluarea capacității de autopurificare a apelor, calculată prin raportul CBO_5/CCO_{Cr} , este esențială pentru utilizarea responsabilă în diverse domenii manageriale și economice. Acest proces asigură conformitatea cu cerințele normative și contribuie la îmbunătățirea caracteristicilor fizico-chimice și microbiologice ale apelor, promovând astfel o gestiune eficientă și sustenabilă a resurselor acvatice.

3. Capacitatea de autopurificare a apelor fluviului Nistru și afluenților săi în porțiunea barajul de la Dubăsari – Vadul lui Vodă poate fi caracterizată ca fiind una mică care se produce lent numai la regim termic favorabil populației bacteriene adaptată. Autopurificarea biologică a apelor se micșorează pe parcursul curgerii, ceea ce este cauzat de impactul negativ al afluenților Răut și Ichel.

4. Râul Răut are un impact semnificativ asupra capacității de autopurificare a Nistrului, ceea ce se caracterizează prin diminuarea transformărilor biochimice ale poluanților cu peste 40%, și indică poluarea apelor afluentului cu substanțe organice persistente nedegradabile biochimic. Impactul negativ al r. Ichel asupra fl. Nistru nu a fost depistat, deoarece debitul acestui afluent este mic și în el sunt prezente cantități mai mari de poluanți biodegradabili. Capacitatea de autopurificare a apelor din ambii afluenți ai Nistrului se caracterizează ca fiind mică.

5. În cazul apelor reziduale, care conțin substanțe nebiodegradabile, este vital să se implementeze și pe teritoriul Republicii Moldova o etapă specială de eliminare a acestora înaintea evacuării lor în sistemele de epurare a apelor ce implică metoda biologică și în obiectele acvatice. Acest pas previne contaminarea și degradarea resurselor acvatice, contribuind semnificativ la protecția mediului și conservarea biodiversității.

Referințe:

1. Anuarul IPM – 2021. Protecția mediului în Republica Moldova. Chișinău, 2022, 388 p.
2. DUCA, Gh., SCURLATOV, Iu., MISITI, A., MACOVEANU, M., SURPĂȚEANU, M. *Chimie ecologică*. Ediția a II-a, revăzută. Chișinău: CE USM, 2003, 303 p.
3. DUCA, Gh. *Dicționar poliglot de chimie ecologică*. Chișinău: Institut de Studii Enciclopedice, 2012, pp. 334-335.
4. DUCA, Gh., ZĂNOAGĂ, C., DUCA, M., GLADCHI, V. *Procese redox în mediul ambiant*. Chișinău: CEP USM, 2001, 384 p.
5. DUCA, Gh., GLADCHI, V., ROMANCIUC, L. *Procese de poluare și autoepurare a apelor naturale*. Chișinău: CEP USM, 2002, 167 p.

6. СКУРЛАТОВ, Ю. И., ДУКА, Г. Г., ЭРНЕСТОВА, А. С. *Процессы токсикации и механизмы самоочищения природной воды в условиях антропогенных воздействий*. В: *Известия АН МССР, серия „Биологические и химические науки”*, 1983, № 5, сс. 3-20.
7. ДУКА, Г. Г. *Механизмы экокхимических процессов в водной среде*. Автореферат дисс. канд. хим. Наук, ОДЕССА, 1998, 28 С.
8. ROMANCIUC, L., GLADCHI, V., GOREACEVA, N., BUNDUCHI, E., DUCA, Gh. *The role of Ecological Chemistry in Pollution Research and Sustainable Development*. In: *Springer Book*, 2009, pp. 57-64.
9. GLADCHI, V., BUNDUCHI, E., ROMANCIUC, L. *Ecological Chemistry of the natural water*. In: *”Handbook of Research on Emerging Developments and Environmental Impacts of Ecological Chemistry”*. Red. Gh. Duca, A. Vaseashta. Ed.: IGI Global, SUA, 2020, pp. 196-211.
10. DUCA, Gh., BLONSCHI, V., GLADCHI, V., TRAVIN, S. *Dynamics of Different Sulfur Forms in Natural Waters and Their Influence on the Redox State*. In: *American Journal of Physical Chemistry*, 2020, 9(3), pp. 52-61.
11. LIS, A., GLADCHI, V., DUCA, Gh., TRAVIN, S. *Sensitized photolysis of thioglycolic acid in aquatic environment*. In: *Chem. J. Mold., General, Industrial and Ecological Chemistry*, 2021, 16(1), pp. 46-59.
12. GLADCHI, V. *Compoziția chimică și poluarea apelor afluentului Nistrului, râului Ichel (perioada anilor 2015-2020)*. В: *Академику Л. С. Бергу – 145 лет: Сборник научных статей*, Бендеры: Eco-TIRAS, 2021 (Типограф. „Arconteh”), сс. 321-324.
13. ЛИС, А. С., ГЛАДКИ, В. И., ДУКА, Г.Г. Влияние тиогликолевой кислоты и тиомочевины на процессы самоочищения водных систем. В: *Материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Ломоносов-2021. Секция «Химия», 12-23 апреля, 2021*. Москва, Московский Государственный Университет, Россия.
14. BLONSCHI, V., GLADCHI, V., DUCA, Gh. *Participarea substanțelor tiolice în procese de autopurificare chimică a apelor naturale*. Monografie. Chișinău: CEP USM, 2022, 138 p.
15. LIS, A., GLADCHI, V., DUCA Gh. *Legități de transformare fotochimică a unor substanțe tiolice în sistemele acvatice*. Monografie. Chișinău: CEP USM, 2022, 194 p.
16. GLADCHI, V., BUNDUCHI, E., BLONSCHI, V., ROMANCIUC, L. *Chimia ecologică a apelor naturale și procese de autopurificare a sistemelor acvatice. Istoria și dezvoltarea la Universitatea de Stat din Moldova*. In: *Chimie ecologică: istorie și realizări: Academicianul Gheorghe Duca, 70 ani de la naștere*: Monografie. Coordonatori ed.: V. Gladchi, A. Arîcu. Chișinău: CEP USM, 2022, pp. 37-85.
17. BLONSCHI, V., GLADCHI, V., DUCA, Gh. *Estimarea proceselor de autopurificare a apelor nistrene în prezența compușilor tiolici (perioada anilor 2015-2021)*. В: *Международная конференция «Управление Трансграничным Бассейном Днестра И Евроинтеграция – Шаг За Шагом»*, Кишинев, Молдова, 27-28 октября 2022 г. Материалы Международной конференции, Chișinău: Eco-TIRAS, с. 27-31.
18. LIS, A., GLADCHI, V., DUCA, Gh. *Legități de transformare fotochimică a unor substanțe tiolice în sistemele acvatice*. Monografie. Chișinău: CEP USM, 2022, 194 p.
19. LIS, A., GLADCHI, V., DUCA, Gh., BUNDUCHI, E. *The influence of glutathione on the self-purification capacity of aquatic systems*. In: *Ecological chemistry ensures a healthy environment*. 16 septembrie 2022, Chisinau. Chișinău: Institute of Chemistry, 2022, p. 15.
20. GLADCHI, V. *Transformările catalitice și starea redox a mediului ambiant*. Chișinău: CEP USM, 2018, 212 p.
21. *Istoria și dezvoltarea la Universitatea de Stat din Moldova*. In: *Chimie ecologică: istorie și realizări: Academicianul Gheorghe DUCA, 70 ani de la naștere*: Monografie. Coordonatori ed.: V. Gladchi, A. Arîcu. Chișinău: CEP USM, 2022, pp. 37-85.
22. *H. G. nr. 950 din 25.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în emisare pentru localitățile urbane și rurale*. În: *Monitorul Oficial* nr. 284-289 din 06.12.2013, art. 1061.
23. *H. G. nr. 802 din 9 octombrie 2013 pentru aprobarea Regulamentului privind condițiile de deversare a apelor uzate în corpurile de apă*. În: *Monitorul Oficial* nr. 243-247 din 01.11.2013, art. 931.
24. *H. G. nr. 890 din 12.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață*. În: *Monitorul Oficial* din 22.11.2013, nr. 262-267, art. nr. 1006.

25. H. G. nr. 932 din 20.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind monitorizarea și evidența sistematică a stării apelor de suprafață și a apelor subterane. În: *Monitorul Oficial* nr. 276-280 din 29.11.2013, art. nr. 1038.
26. H. G. nr. 492 din 11.08.2015 pentru aprobarea Regulamentului sanitar privind materialele și obiectele din plastic reciclat destinate să vină în contact cu produsele alimentare. În: *Monitorul Oficial* nr. 224-233 din 21.08.2015, art. 623.
27. BACAL, P., MOGÎLDEA, V. et al. *Starea și utilizarea sistemelor de aprovizionare cu apă și sanitație în ecosistemele urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova*. Chișinău: Institutul de Ecologie și Geografie, 2021, 162 p.
28. БЕСПАМЯТНОВ, Г. П., КРОТОВ, Ю. А. *Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде*. Л.: Химия, 1985, 528 с.
29. H.G. nr. 229 din 29.03.2013 pentru aprobarea Regulamentului sanitar privind aditivii alimentare. În: *Monitorul Oficial* nr. 69-74 din 05.04.2013, art. 283.

Date despre autori:

Gheorghe DUCA, academician, doctor habilitat, profesor universitar, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7265-6293

E-mail: gheorghe.duca@usm.md

Maria SANDU, doctor, conferențiar cercetător, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-6617-7747

E-mail: sandu.maria@usm.md

Viorica GLADCHI, doctor, profesor universitar, Departamentul Chimie Industrială și Ecologică „Academician Gh. Duca”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5847-4466

E-mail: viorica.gladchi@usm.md

Angela LIS, doctor, lector, Departamentul Chimie Industrială și Ecologică „Academician Gheorghe Duca”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1111-7485

E-mail: angela.lis@usm.md

Vladislav BLONSCHI, doctor, lector, Departamentul Chimie Industrială și Ecologică „Academician Gheorghe Duca”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8628-6756

E-mail: vlad.blonschi@usm.md

Prezentat la 28.03.2024