STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE
Revista științifică a Universtității de Stat din Moldova, 2024, nr. 1(171)

CZU: 574.5:544.52:546.21 **https://doi.org/10.59295/sum1(171)2024_26**

CAPACITATEA DE AUTOPURIFICARE BIOLOGICĂ A APELOR NATURALE ŞI UZATE PRIN EVALUAREA RAPORTULUI DINTRE POLUANŢII BIODEGRADABILI ŞI 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 şi accidentale - cu o atenţie specială acordată râurilor mici din Republica Moldova.

În articol se aplică metodologia evaluării capacității de autopurificare biologică a apelor naturale şi reziduale, utilizând parametrii consumul biochimic de oxigen (CBO_5) şi consumul chimic de oxigen (CCO_{Cr}). Aceşti parametri sunt esenţiali pentru aprecierea aportului proceselor de biodegradare a poluanţilor în apele naturale şi 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 cerinţelor normative pentru epurarea apelor uzate provenite din diferite sectoare economice. Pentru monitorizarea respectării acestor cerinţe se sugerează calcularea capacităţii 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 substanţe chimice are loc prin apele de şiroire provenite din apele meteorice care au spălat terenurile agricole și industriale, deversarea în ele a apelor reziduale menajere şi industriale, precum şi a reziduurilor lichide și solide provenite din diferite localităţi. Sursele de poluare a apei cu substanţe chimice pot fi *continue* (de exemplu, sistemul de canalizare din localități sau instalaţii industriale), *temporare* sau *mobile temporar* (cum ar fi sistemele de canalizare a instalațiilor sezoniere, nave, locuinţe, 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 suprafaţă, mai ales din cauza epurării insuficiente şi, în multe cazuri, a evacuării apelor uzate neepurate. Dintre cele 270 de staţii de epurare monitorizate în anul 2021, doar 117 dispuneau de documentaţie tehnică, dintre care 29 funcţionau conform

normelor de epurare. Alte 160 de unităţi funcţionau cu epurare insuficientă, 18 - cu epurare parţială, iar 61 nu erau operaţionale [1]. Această situaţie contribuie la poluarea cu substanţe chimice a apelor naturale şi celor uzate deversate în mediu, în special în râurile mici din Republica Moldova.

Autopurificarea apelor este un fenomen complex care include procese biologice, chimice şi fizice prin care un mediu poluat îşi recapătă calitatea iniţială fără intervenţii antropice [2]. Capacitatea de autopurificare a apelor depinde de compoziţia chimică, temperatura, diversitatea, natura şi persistenţa poluanţilor, precum şi de calitatea epurării apelor uzate.

În literatura de specialitate există numeroase studii ştiinţifice detaliate, care reflectă compoziţia chimică a apelor şi procesele fizico-chimice şi biochimice ce au loc în prezenţa poluanţilor 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 publicaţii ştiinţifice, o sinteză fiind disponibilă într-o publicaţie din anul 2022 [21]. În lucrare a fost evaluat rolul semnificativ al proceselor de hidroliză, fotoliză şi transformărilor redox ale poluanţilor, precum şi importanţa oxigenului dizolvat în astfel de procese. La fel, este evidenţiată importanţa parametrilor de calitate care determină cantitatea poluanţilor organici biodegradabili şi celor persistenţi (care nu se supun transformărilor biochimice). Primul grup poate fi apreciat cu ajutorul parametrului *Consumul biochimic de oxigen timp de 5 zile (CBO_5, mgO_2/L)*, iar cel de-al doilea – cu ajutorul parametrului *Consumul chimic de oxigen (CCO_{Cr}, mgO/L)*. În acelaşi timp, pentru estimarea calităţii apelor reziduale epurate se foloseşte, în primul rând, parametrul CBO_5, deoarece aceste ape se tratează preponderent prin aplicarea metodelor biologice care implică utilizarea nămolului activ.

Reieşind din cele expuse, scopul prezentului studiu constă în evidenţierea importanţei evaluării capacităţii de autopurificare biologică a apelor prin aplicarea parametrilor CBO_5 şi CCO_{Cr}, precum şi calcularea raportului dintre aceştia pentru evaluarea gradului de autopurificare a apelor naturale și reziduale.

Importanţa evaluării raportului CBO_5/CCO_{Cr} este subliniată şi în documentele normative ale Uniunii Europene, precum şi în diverse publicaţii ştiinţifice, în care se consideră un indicator esenţial în evaluarea capacităţii de autopurificare a apelor naturale şi reziduale [22-25].

Materiale şi metode

Pentru evaluarea capacităţii de autopurificare (CA) a apelor naturale şi celor reziduale, tratate biologic, se calculează raportul dintre CBO_5 şi CCO_{Cr}. Determinarea parametrilor CBO_5 şi CCO_{Cr} este reglementată prin legislaţia naţională [22]. Aceşti parametri pentru apele naturale şi reziduale sunt determinaţi conform standardelor naţionale [22-26].

Este cunoscută clasificarea CA a apelor, care include trei grade – autopurificare uşoară (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 suprafaţă şi a apelor reziduale epurate prin metoda biologică, care include cinci grade de autopurificare.

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

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

Pentru evaluarea gradului de autopurificare a diferitor tipuri de ape de suprafaţă, în studiul dat au fost analizaţi parametrii respectivi pentru ape naturale şi ape reziduale ipotetice.

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

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

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

Rezultate şi discuţii

Gradul de autopurificare a apelor din sistemele lotice 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. Coşerniţa, 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 şi din lacurile Ghidighici şi Dănceni, care fac parte din bazinul hidrografic al fluviului Nistru.

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

Tabelul 2. Valorile parametrilor CBO_5, CCO_{Cr}, raportul CBO_5/CCO_{Cr} şi 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 obţinute 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 tendinţă de micşorare 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 populaţiei 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 influenţă negativă a afluentului asupra parametrului monitorizat.

Tabelul 3. Valorile parametrilor CBO_5, CCO_{Cr}, raportul CBO_5/CCO_{Cr} şi 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) şi cea minimală de 0,02 (noiembrie 2020), media fiind 0,13. Menţionăm că valoarea medie a parametrului CA în această priză de captare corespunde gradului de autopurificare *mică* şi este mai mică cu peste 40% în comparaţie 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 capacităţii 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, şi creşterea până la 86% a cazurilor de autopurificare *mică* sau *imposibilă*, ceea ce constituie o creştere cu cca 34% comparativ cu apele Nistrului în amonte de vărsare a r. Răut.

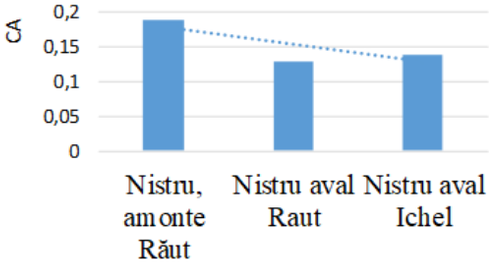
Spre deosebire de r. Răut, r. Ichel nu influenţează semnificativ capacitatea de autopurificare a fluviului Nistru, ceea ce poate fi explicat prin debitul neînsemnat al afluentului nominalizat. Influenţa nesemnificativă a r. Ichel se observă prin aceea că are loc creşterea foarte uşoară a valorii CA *medie* a fluviului, precum şi creşterea ponderii cazurilor de autopurificare *medie* cu 9% în comparaţie 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} şi 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	*imposibilă*
10.2021	2,6	16	0,16	*mică*
11.2021	4,3	19	0,23	*medie*
03.2022	2,4	16	0,15	*mică*
06.2022	7,5	30	0,25	*medie*
09.2022	2,7	19	0,14	*mică*
04.2023	3,4	57	0,06	*imposibilă*
06.2023	3,6	35	0,10	*mică*
09.2023	2,0	27	0,07	*imposibilă*
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 micşorat cu 9% comparativ cu priza precedentă şi a constituit 77%. Ca şi în cazurile precedente, se observă o tendinţă de micşorare lentă a intensităţii proceselor de autopurificare a apelor în această priză de captare.

Analiza valorilor CA a apelor fluviului Nistru în porţiunea amonte de vărsare în el a r. Răut – aval de vărsare a r. Ichel demonstrează că pe parcursul scurgerii apelor are loc micşorarea capacităţii de autopurificare ale acestora (fig. 1). În general, CA pe tot segmentul monitorizat poate fi caracterizată ca fiind una mică şi care poate fi realizată lent, numai la regim termic favorabil populaţiei bacteriene adaptată. Ponderea medie a poluanţilor biodegradabili variază între 0,19 şi 0,13, maximală fiind în amonte de vărsare în Nistru a r. Răut, iar minimală – în aval de vărsare al acestuia. Tendinţa generală pe segmentul studiat indică micşorarea 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 suprafaţa solurilor, gunoiştilor neautorizate sau neamenajate corespunzător, păscutul nesancţionat al animalelor în zone de protecţie a fluviului etc.

Comparaţia valorilor CA a apelor afluenţilor Nistrului, râurile Răut şi Ichel, denotă variaţia esenţială a valorilor CA pe parcursul perioadei de monitorizare în apele r. Ichel şi valori mai stabile ale CA pentru apele r. Răut.

Valoarea *medie* a parametrului CA pentru apele r. Răut (0,13) indică asupra capacităţii de autopurificare mică a apelor, care poate fi realizată lent numai la regim termic favorabil populaţiei 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 desfăşoare cu intensitate medie şi se va produce numai la regim termic favorabil populaţiei bacteriene adaptată.

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

	r. Răut			r. Ichel		
Data	**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**

Calculele realizate demonstrează că capacitatea de autopurificare biologică a apelor din r. Ichel este cu cca 30% mai eficientă, comparativ cu apele r. Răut. Totuşi, în cazul apelor r. Ichel, cantitatea poluanţilor biodegradabili este mai mare, în comparaţie cu apele din r. Răut, ceea ce indică la poluarea cu deşeurile menajere, ape netratate, păscutul animalelor în zonele de protecţie a apelor şi altele. În cazul apelor din r. Răut se evidenţiază o pondere mai mare de poluanţi persistenţi, care nu pot fi degradate biochimic şi provin din apele de la diverse procese tehnologice care utilizează astfel de substanţe toxice pentru mediul acvatic. Acest fenomen demonstrează şi 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 acelaşi parametru a apelor din r. Răut.

Gradul de autopurificare a apelor în cazul prezenţei în ele a diferitor poluanţi antropogeni

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

Tabelul 6. Unele substanţe care nu afectează autopurificarea eficientă a apelor, domeniile de utilizare ale acestora în activităţi economice şi prezenţa lor în natură.

	Substanţa	**CCO_{Cr}, mgO/L**	**CBO_5, mgO_2/L**	**CA**	**Utilizarea în medicină, activităţi economice şi prezente în natură [26, 29]**
		[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 suprafeţei pielii
3.	Acid maleic	0,83	0,57	0,69	se găseşte în mere şi pere
4.	Acidul acetic	1,07	0,77	0,72	agent de curăţare şi dezinfectare, în alimentaţie şi ca materie primă în industria farmaceutică
5.	Acidul glutamic	0,98	0,64	0,65	substanţă 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 compoziţia unturilor (28%-45%) şi a uleiurilor
8.	Alcool etilic	2,08	1,82	0,88	în băuturile alcoolice, ca solvent, sursă de combustibil şi ca materie primă pentru sinteza altor compuşi
9.	Alcool izopropilic	2,4	1,59	0,66	denaturat pentru anumite întrebuinţări
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, producţie chimică
12.	Amidon	1,03	0,63	0,61	prepararea multor produse alimentare

13.	Anilina	2,41	1,76	0,73	fabricarea de coloranţi, antioxidanţi, acceleratori de vulcanizare, materiale plastice, numeroase medicamente
14.	Chinolina	1,97	1,77	0,90	precursor al 8-hidroxihinolinei, agent elastic şi 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 obţine etilendiamină
17.	Glucoza	0,6	0,53	0,88	se găseşte 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

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

Tabelul 7. Unele substanţe, în prezenţa cărora se realizează autopurificarea apelor cu capacitate mare şi uşor realizabilă, domeniile de utilizare ale acestora în activităţi economice şi prezenţa lor în produse naturale.

	Substanţa	**CCO_{Cr}, mgO/L**	**CBO_5, mgO_2/L**	**CA**	**Utilizarea în medicină, activităţi economice şi prezente în natură [26, 29]**
		[28]			
1.	Acetamida	1,08	0,63	0,58	plastifiant şi 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 şi substanţă tampon
4.	Acetat de etil	1,88	0,86	0,46	în lipiciuri, soluţii de îndepărtat oja, decafeinizarea ceaiului şi cafelei etc.
5.	Acid benzoic	2,00	0,96	0,48	acidul şi sărurile lui sunt utilizaţi ca conservanţi 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 şi în industria tăbăcăriei
8.	Acid salicilic	2,09	0,95	0,45	sinteza organică, tratarea tenului, curăţarea pielii predispuse la acnee
9.	Acidul tartric	0,52	0,30	0,58	fructe (struguri şi banane), vin
10.	Alanina	1,89	0,84	0,44	în componența proteinelor
11.	Alcool butilic	2,60	1,26	0,48	produs al fermentaţiei zaharurilor şi glucidelor prezent în alimente şi băuturi
12.	Alcoolul izoamilic	2,73	1,50	0,55	solvent în industria de parfumerie şi cosmetică
13.	Alcool izobutilic	2,60	1,40	0,54	în produse de curăţare şi solvenţi
14.	Alcool pentilic (Pentanol)	2,73	1,23	0,45	solvent şi în reacţia de esterificare pentru obţinerea acetatului de amil
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 răşinilor 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 prezenţa substanţelor prezentate în tabelul 9. Acestea sunt utilizate în medicină, diferite domenii economice, la fel sunt prezente şi în produse naturale.

Tabelul 8. Unele substanţe, în prezenţa cărora se realizează autopurificarea apelor cu capacitatea medie, domeniile de utilizare ale acestora în activităţi economice şi prezenţa lor în produse naturale.

	Substanţa	**CCO_{Cr}, mgO/L**	**CBO_5, mgO_2/L**	**CA**	**Utilizarea în medicină, activităţi economice şi prezente în natură [26, 29]**
		[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 şi în toate grăsimile şi uleiurile naturale
3.	Acidul pelargonic (nona-noic)	2,52	0,59	0,23	produs chimic cu utilizare de laborator sau analitică
4.	Acrilonitril	1,81	0,7	0,39	obţinerea poliacrilonitrilului, melanei, a cauciucului sintetic, ca agent de cianoetilare etc.
5.	Aldehida acrilică (acro-leina, 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 şi cosmetică
9.	Polietilenglicol	1,6	0,5	0,31	antispumant, emulgator, stabilizator, agent de îngroşare, agent de glazurare
10.	Trietilenglicol	1,65	0,5	0,30	aditiv pentru fluide hidraulice şi lichide de frână
11.	Triclorbenzen	1,06	0,3	0,28	materie primă şi solvent organic pentru coloranţi, medicamente, pesticide

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

Tabelul 9. Substanţe, în prezenţa cărora se realizează autopurificarea apelor cu capacitatea mică, domeniile de utilizare ale acestora în activităţi economice şi prezenţa lor în produse naturale.

	Substanţa	**CCO_{Cr}, mgO/L**	**CBO_5, mgO_2/L**	**CA**	**Utilizarea în activităţi economice şi prezente în natură [26, 29]**
		[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	Plastificator, în procesul de confecţionare 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 coloranţilor azoici şi 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, substanţă în detergent
8.	Amil acetat (pentil acetat)	2,34	0,31	0,13	solvent, aromatizant, alimentează lampa Hefner şi producţia fermentativă de penicilină
9.	Toluen	1,87	0,19	0,10	fabricarea vopselelor şi a cleiurilor

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

Tabelul 10. Substanţe, în prezenţa cărora este imposibilă autopurificarea apelor pe calea biochimică, domeniile de utilizare ale acestora în activităţi economice şi prezenţa lor în produse naturale.

	Substanţa	**CCO_{Cr}, mgO/L**	**CBO_5, mgO_2/L**	**CA**	**Utilizarea în activităţi economice şi prezenţa în natură [26, 29]**
		[28]			
1.	Acid dicloracetic	0,59	0	0,00	metabolizarea unor medicamente ce conţin clor
2.	Acidul galic	1,13	0,08	0,07	în frunze de ceai, roşcova, coaja de stejar şi alte plante
3.	Anizol (eter metil fenolic)	1,81	0,14	0,08	sinteza parfumurilor, feromonilor şi medicamentelor
4.	Benzina, combustibil	3,54	0,11	0,03	utilizată în motoarele cu ardere internă
5.	Dicloretan	0,56	0	0,00	solvent pentru grăsimi, cauciucuri
6.	Dietanolamina	1,06	0,1	0,09	producerea de emulgatori, disperanţi, stabilizatori de spumă
7.	Dietilanilina	2,79	0	0,00	producerea de coloranţi azotici, trifenilmetan etc
8.	Dimetilaminobenzen (xilidina)	2,64	0	0,00	fabricarea coloranţilor azoici, adaos în benzina de avioane, reactiv de laborator
9.	Dimetil-formamida	1,54	0,02	0,01	solvent folosit pentru reacţiile chimice
10.	Formamida	0,35	0	0,00	fabricarea ierbicidelor, pesticidelor, sulfamidelor şi 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 răşini, materiale plastice, burete şi adezivi
13.	Metilizobutilcetonă	3,0	0,12	0,04	solvent pentru gume, răşini, vopsele, lacuri şi 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 şi plastifiant
18.	Trietanolamina	1,66	0,01	0,01	industria farmaceutică

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

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

În acest context, este esenţial să se respecte cerinţele normative pentru epurarea apelor uzate, atât menajere, cât şi 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 specificaţi pentru monitorizarea conformităţii cu normele de deversare a apelor uzate provenite din diverse activităţi economice, în corpurile de apă, în sistemul de canalizare şi/sau în emisiile urbane şi rurale.

Concluzii

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

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

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

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

5. În cazul apelor reziduale, care conţin substanţe 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 şi în obiectele acvatice. Acest pas previne contaminarea şi degradarea resurselor acvatice, contribuind semnificativ la protecţia mediului şi conservarea biodiversității.

Referințe:

1. *Anuarul IPM – 2021. Protecţia mediului în Republica Moldova*. Chişinău, 2022, 388 p.
2. DUCA, Gh., SCURLATOV, Iu., MISITI, A., MACOVEANU, M., SURPĂŢEANU, M. *Chimie ecologică.* Ediţia a II-a, revăzută. Chişinău: *CE USM*, 2003, 303 p.
3. DUCA, Gh. *Dicţionar poliglot de chimie ecologică.* Chişinău: Institut de Studii Enciclopedice, 2012, pp. 334-335.
4. DUCA, Gh., ZĂNOAGĂ, C., DUCA, M., GLADCHI, V. *Procese redox în mediul ambiant.* Chişinău: *CEP USM*, 2001, 384 p.
5. DUCA. Gh., GLADCHI. V., ROMANCIUC. L. *Procese de poluare şi autoepurare a apelor naturale.* Chişinău: *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 экохимических 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. *Compoziţia chimică şi poluarea apelor afluentului Nistrului, râului Ichel (perioada anilor 2015-2020)*. В: *Академику Л. С. Бергу – 145 лет: Сборник научных статей*, Бендеры: *E*co-TIRAS, 2021 (Tipograf. „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 substanţelor tiolice în procese de autopurificare chimică a apelor naturale*. Monografie. Chişinău: CEP USM, 2022, 138 p.
15. LIS, A., GLADCHI, V., DUCA Gh. *Legităţi de transformare fotochimică a unor substanţe tiolice în sistemele acvatice*. Monografie. Chişinău: CEP USM, 2022, 194 p.
16. GLADCHI, V., BUNDUCHI, E., BLONSCHI, V., ROMANCIUC, L. *Chimia ecologică a apelor naturale şi procese de autopurificare a sistemelor acvatice. Istoria şi dezvoltarea la Universitatea de Stat din Moldova.* In: *Chimie ecologică: istorie şi realizări: Academicianul Gheorghe Duca, 70 ani de la naştere:* Monografie. Coordonatori ed.: V. Gladchi, A. Arîcu. Chişinău: CEP USM, 2022, pp. 37-85.
17. BLONSCHI, V., GLADCHI, V., DUCA, Gh. *Estimarea proceselor de autopurificare a apelor nistrene în prezenţa compuşilor 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, Chişinău: Eco-TIRAS, с. 27-31.
18. LIS, A., GLADCHI, V., DUCA, Gh. *Legităţi de transformare fotochimică a unor substanţe tiolice în sistemele acvatice.* Monografie. Chişinău: 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. Chişinău: Institute of Chemistry, 2022, p. 15.
20. GLADCHI, V. *Transformările catalitice şi starea redox a mediului ambiant.* Chişinău: CEP USM, 2018, 212 p.
21. *Istoria şi dezvoltarea la Universitatea de Stat din Moldova.* In: *Chimie ecologică: istorie şi realizări: Academicianul Gheorghe DUCA, 70 ani de la naştere:* Monografie. Coordonatori ed.: V. Gladchi, A. Arîcu. Chişinău: CEP USM, 2022, pp. 37-85.
22. *H. G. nr. 950 din 25.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind cerinţele de colectare, epurare şi deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare şi/sau în emisare pentru localităţile urbane şi 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 condiţiile 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 cerinţele de calitate a mediului pentru apele de suprafaţă*. 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 şi evidenţa sistematică a stării apelor de suprafaţă şi 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 şi 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. at al. *Starea şi utilizarea sistemelor de aprovizionare cu apă şi sanitaţie în ecosistemele urbane şi rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova.* Chişinău: Institutul de Ecologie şi 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 alimentar.* 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, conferenţiar cercetător, Institutul de Ecologie şi 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 şi 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 şi 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 şi 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