

CZU: 502/540.45(478):543.3

INDICELE DE GEOACUMULARE ȘI GRADUL DE POLUARE CU METALE GRELE A SEDIMENTELOR SUBACVATICE DIN REPUBLICA MOLDOVA

Maria SANDU, Anatol TĂRÎȚĂ, Raisa LOZAN, Sergiu ȚURCAN

Institutul de Ecologie și Geografie

Indicele geochemic (Igeo) al metalelor grele din sedimentele subacvatice din r. Prut și din fl. Nistru, precum și afluenții acestora, caracterizează starea sedimentului ca *nepoluat - moderat poluat*, iar a celor din lacurile naturale Belev și Manta, artificiale Taraclia, Comrat, Cahul și din mun. Chișinău nu sunt poluate cu metale grele (clasa 0, Igeo <0). S-a constatat o *poluare puternică* cu Pb în sedimentul râulețului din s. Izvoare, r-nul Orhei (clasa 4, Igeo = 3,1-3,3) și *moderat - puternic poluate* cu Cd (clasa 2-3, Igeo=2,2) din sedimentul râulețelor Zonei Umede „Unguri-Holoșnița”.

Cuvinte-cheie: indice de geoacumulare, fundal geochemic, metale grele, nivel de poluare, sedimente subacvatice.

THE GEOCHEMICAL INDEX AND THE DEGREE OF UNDERGROUND SEDIMENTS POLLUTION WITH HEAVY METALS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

The geochemical index (Igeo) of heavy metals in the Prut and the Nistru Rivers, underground sediments as well as their tributaries, characterize the state of the sediments as *unpolluted - moderately polluted* are those from the natural lakes Belev and Manta, the artificial ones from Taraclia, Comrat, Cahul and Chisinau city are not polluted with heavy metals (class 0, Igeo is <0). It was found a *strong pollution* with Pb in the sediment of the rivers in Izvoare village, Orhei district (class 4, Igeo = 3.1-3.3) and a *moderately - strongly pollution* with Cd (class 2-3, Igeo = 2.2) in “Unguri-Holosnita” Humid Area small rivers.

Keywords: Geoaccumulation index, geochemical background, heavy metals, level of pollution, underwater sediments.

Introducere

Sedimentele subacvatice se formează la contactul apei cu rocile, solul, prin alunecările de teren, poluarea antropică și participă în funcționarea hidrologică, hidrochimică, geomorfologică și ecologică a sistemelor acvatice [1].

Directiva-Cadru a Apei din Comunitatea Europeană (WFD 2000/60 / CE) [2] impune atingerea unei bune stări ecologice și chimice atât în apele, cât și în sedimentele corpurilor de apă, fiind stabilite standardele de calitate a mediului pentru 33 de substanțe prioritare, inclusiv unele metale grele (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) cu efecte ecotoxicologice.

Impactul metalelor grele (MG) asupra ecosistemelor acvatice a fost specificat în Directiva Uniunii Europene 2006/11/CE [3], unde sunt stabilite substanțele selectate pe baza toxicității, persistenței și bioacumulării (mercurul și compușii săi; cadmiul și compușii săi), fiind menționate familii și grupe de substanțe (metaloizi, metale și compușii lor) cu efect dăunător asupra mediului acvatic, care pot să fie limitate la o anumită zonă.

În ultimele decenii, acumularea MG în mediul înconjurător a atras atenția cercetătorilor științifici din cauza toxicității lor, persistenței în mediu și acumulării în sedimentele și habitatele acvatice [4,5]. În sedimentele subacvatice conținutul MG crește în timp și variază în funcție de sursele de poluare existente în bazinul sistemului acvatic [6,7]. Imobilizarea MG în sedimente are loc ca rezultat al adsorbției, sedimentării compușilor insolubili ai metalelor, coprecipitării (cu hidrații oxizilor de fier și mangan, carbonați), formării compușilor complecși cu materia organică și încorporării în rețeaua cristalină a mineralelor [8,9], iar migrarea lor în apele naturale are loc sub formă dizolvată și suspensii în dependență de proprietățile fizico-chimice ale apei, rocilor de contact cu apa, debitul și viteza de scurgere a apei, temperatură, pH etc. [10].

Poluarea mediului ambiant cu MG prin activitățile umane a provocat acumularea lor în apele de suprafață, sedimente și sol, în special în zonele industriale. Evaluarea acestor anomalii „antropogene” a devenit esențială în cercetările geochemice și ale mediului. Primele estimări geochemice au fost realizate de Hawkes și Webb (1962) [11], ulterior prin utilizarea valorilor fundalului geochemic pentru obținerea informației cu privire la distribuția anomaliilor geochemice [12-14].

Reieșind din faptul că concentrația caracteristică elementelor într-o anumită zonă este esențială pentru studiul stării ecologice a mediului, prezentul articol include evaluarea indicelui de geoacumulare a unor metale

grele în sedimentele subacvatice, utilizând nivelul de fond geochimic din științele mediului, informația privind componența sedimentelor din bazinul r. Prut și fl. Nistru, Republica Moldova, și publicații științifice privind gradul de poluare a sedimentelor subacvatice din alte țări.

Sperăm că acest studiu realizat va contribui la elaborarea unor planuri de acțiuni la nivel național și local, care ar minimiza impactul metalelor grele deversate în mediu în rezultatul activităților cu risc de poluare.

I. Metode și metodologii

Pentru evaluarea gradului de contaminare cu metale grele a sedimentelor subacvatice în literatura de specialitate sunt câteva metode de calcul [15,16], mai răspândită fiind metoda calculării indicelui cantitativ de geoacumulare (I_{geo}) pentru sedimentele râurilor, propusă și utilizată pentru prima dată de Müller (1969) [15] cu scopul de a determina și a defini contaminarea sedimentelor cu metale, comparând concentrațiile lor cu nivelurile preindustriale.

Conform acestei surse, I_{geo} se calculează cu ajutorul următoarei formule:

$$I_{geo} = \log_2 [(C_n / (K \times B_n))]$$

unde: I_{geo} este indicele de geoacumulare; C_n – concentrația elementului n în fracțiunea sedimentului ($< 2 \mu m$);

K – factor ce corectează variația fondului geochimic al elementului datorită efectelor litogenice ($K=1,5$);

B_n – fondul geochimic al elementului n în sedimente.

Cunoscând doar valoarea I_{geo} nu pot fi cuantificate riscurile ecologice, însă este posibil de a evidenția gradul în care poluarea contribuie la ridicarea fondului geochimic natural [17]. Reimann și al. (2005) au propus fundale geochimice pentru următoarele elemente, mg/kg: Pb (12,5), Co (16,0), Cr (385,0), Ni (111,0), V (87,5), Cu (25,5), Zn (65,0), As (7,5), Th (4,5) și U (1,5), valori care sunt mai mici ca referința globală, cu excepția Co, Cr, Cu și As [13].

Pentru calculul I_{geo} al metalelor grele în sedimentele subacvatice, cercetate în acest studiu, au fost utilizate valorile concentrației metalelor după clasificarea lui V.A. Dauvalter [18] (Tab.1).

Tabelul 1

Valorile concentrației metalelor grele după clasele I_{geo}

Elementul	Clasele I_{geo}						
	Nepoluat	Nepoluat până la moderat poluat	Moderat poluat	Moderat – puternic poluat	Puternic poluat	Puternic – foarte puternic poluat	Foarte puternic poluat
Fe, %	7,08	14,16	28,32	56,64	>56,64	-	-
Mn, mg/kg	1275	2550	5100	10200	20400	40800	>40800
Cd, mg/kg	0,45	0,9	1,8	3,6	7,2	14,4	>14,4
Zn, mg/kg	142,5	285	570	1140	2280	4560	>4560
Pb, mg/kg	30	60	120	240	480	960	>960
Cu, mg/kg	67,5	135	270	540	1080	2160	>2160
Ni, mg/kg	102	204	408	816	1632	3264	>3264
Cr, mg/kg	135	270	540	1080	2160	4320	>4320
Hg, mg/kg	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6	19,2	>19,2

Pentru caracterizarea poluării sedimentului, pe baza I_{geo} s-a stabilit interpretarea gradului de poluare conform clasificării Müller G. (1979) [19] (Tab.2).

Tabelul 2

Interpretarea I_{geo} pentru caracterizarea stării de poluare a sedimentelor

Clasa I_{geo}	I_{geo}	Intensitatea poluării
6	>5	Foarte puternic poluat
5	4 - 5	Puternic - foarte puternic poluat
4	3 - 4	Puternic poluat
3	2 - 3	Moderat - puternic poluat
2	1 - 2	Moderat poluat
1	0 - 1	Nepoluat - moderat poluat
0	< 0	Practic nepoluat

Calculul indicelui de geoacumulare pentru caracterizarea stării de poluare a sedimentului din prezentul studiu a fost realizat în baza informației privind conținutul metalelor grele (diferite bazine acvatice, diferite anotimpuri, inclusiv valorile maxime, minime, medii) din publicațiile științifice [8,9,20-25].

Pentru prelucrarea statistică a rezultatelor obținute s-a utilizat Microsoft Excel și SPSS 13.0 software statistic.

II. Rezultate și discuții

Aportul cumulativ al poluanților din sedimentele subacvatice poate servi drept indicator al impactului local și de termen scurt [25]. Rezultatele obținute atestă o depășire nesemnificativă a valorii clarcului pentru Pb în sedimentele colectate pe cursul r. Ciuhur (s. Vărătic, r-nul Râșcani) și r. Prut, bazinul de acumulare „Costești-Stânca” (adâncimea 0-20 cm.). Cât privește conținutul de Cu și Zn în aceste sedimente, valorile se încadrează în limitele admise, cu excepția sedimentelor colectate din bazinul de acumulare a apelor pluviale din teritoriul fostului depozit de chimicale, unde conținutul de Cu este deosebit de mare – 371,0 mg/kg [25] (Fig.1).

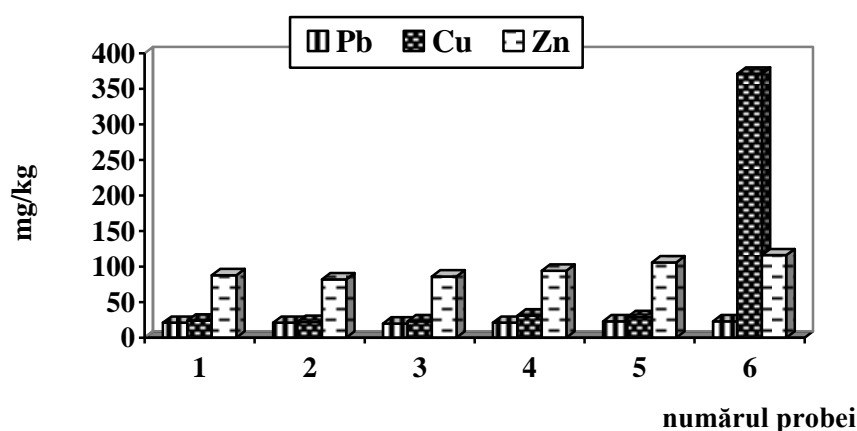


Fig.1. Concentrația de Pb, Cu, Zn în sedimentele subacvatice (0-20 cm). 1 – r. Prut, bazinul de acumulare Costești-Stânca; 2 – Râulețul Ciuhureț, afluent al r. Ciuhur; 3 – r. Ciuhur, confluența cu râulețul Ciuhureț; 4 – Lunca r. Ciuhur, regiunea „Holmului”; 5 – Lac amplasat între cenozele pomicole; 6 – Bazin de acumulare a apelor pluviale din teritoriul fostului depozit de chimicale.

Conform valorii Igeo a Zn, Cu, Pb, Cd, Cr și Ni în sedimentele din r. Prut și în afluenții studiați (Larga, Vilia, Lopatinca, Racovăț, Draghiște), acestea sunt *nepoluate*. Totuși, există o tendință de acumulare a Cu (80 mg/kg, Igeo = +0,3) în sedimentul r. Racovăț, satul Brânzeni [25] (Tab.3).

Tabelul 3

Concentrația și Igeo a metalelor grele în sedimentele subacvatice din r. Prut și afluenții acestuia (a. 2004-2007)

MG	Concentrația Igeo	r. Larga	r. Vilia	r. Lopatinca	r. Racovăț	r. Draghiște	r. Prut
Zn	mg/kg	31	27	24	32-38	32-41	73
	Igeo	-0,95	-0,95/-1,1	-1,1	-0,9/-0,95	-0,9/-0,95	-0,5
Cu	mg/kg	13	8-10	36	12-80	8-14	13
	Igeo	-1,5	-1,6/-1,7	-0,9	+0,3/-1,5	-1,5/-1,7	-1,5
Pb	mg/kg	9	12-16	13	13-21	13-19	-
	Igeo	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8/-0,4	-0,5/-0,8	-
Cd	mg/kg	0,12	0,16-0,2	0,24	0,16	0,08-0,24	-
	Igeo	-0,7	-0,5/-0,8	-0,5	-0,8	-0,5/-0,8	-
Cr	mg/kg	9,1	5,4-7,3	4,6	5,0-7,7	4,5-11,8	31
	Igeo	-0,5	-0,6	-0,65	-0,6	-0,5/-0,65	-0,6
Ni	mg/kg	17	13-15	15	13-32	8-22	8
	Igeo	-0,9	-0,8/-0,9	-0,9	-0,6/-0,8	-0,7/-1,1	-1,1

Evaluarea Igeo a sedimentelor din r. Prut, bazinul de acumulare „Costești-Stânca”, r. Ciuhur, râulețul Ciuhureț (afluent al r. Ciuhur) și lacul dintre cenozele pomicele (s. Văratice, r-nul Râșcani), (adâncimea 0-20 și 20-40 cm), demonstrează că nu sunt *poluate* cu Pb, Cu și Zn.

Sedimentele din bazinul de acumulare a apelor pluviale din teritoriul fostului depozit de chimicale și punct de pregătire a soluțiilor pentru tratarea plantelor, sunt *moderat - puternic* poluate cu Cu (371,0 mg/kg, Igeo=2,7) (Tab.4) [25].

Tabelul 4

Concentrația Pb, Cu și Zn în sedimentele subacvatice din r. Ciuhur și r. Prut, mg/kg

Locul colectării probei	Pb	Cu	Zn
	Igeo/ Nivel de poluare		
1. r. Prut, bazinul de acumulare „Costești-Stânca”	1,1-1,6/ poluare moderată	0-1/nepoluat până la poluare moderată	0-1/ nepoluat până la poluare moderată
2. râulețul Ciuhureț, afluent al r. Ciuhur			
3. r. Ciuhur, confluența cu râulețul Ciuhureț			
4. Lunca r. Ciuhur, regiunea „Holmului”			
5. Lac (iaz) amplasat între cenozele pomicele			
6. Bazin de acumulare a apelor pluviale din teritoriul fostului depozit de chimicale.		2,7/poluare moderată - puternic poluată	

Referitor la conținutul metalelor grele Cu, Ni, Zn, Pb și Mn în sedimentele subacvatice din fl. Nistru și r.Prut, inclusiv afluenții lor, precum și din r. Bâc (amonte-aval de mun. Chișinău) și în sedimentele din bazinul r. Prut, inclusiv lacul de acumulare „Costești-Stânca” din anii 2010-2014 datele Serviciului Hidrometeorologic de Stat (SHS) confirmă o stare ecologică bună (clasa 0 – sedimente nepoluate) [21]. În a. 2013 în sedimentele din r. Prut, s. Giurgiulești s-a evidențiat starea *nepoluată - moderat poluată* cu Zn (Igeo = 0,05, clasa 0-1) și *moderat poluată* cu Pb (Igeo = 1,05, clasa 1-2). Conținutul Cu, Ni, Zn, Pb și Mn în sedimentele fl. Nistru și afluenții Răut și Bâc, lacurile Dubăsari și Ghidighici caracterizează starea sedimentelor ca fiind *nepoluate* cu MG studiate (clasa 0, Igeo este <0), doar la Zn sedimentul din r. Bâc, s. Gura Bâcului este clasificat ca *nepoluat-moderat poluat* (clasa 0-1, Igeo=0,25) [20] (Tab.5).

Tabelul 5

Concentrația și Igeo a metalelor grele în sedimentele subacvatice din bazinul fl. Nistru (a. 2010-2014)

Râul/lacul	Localitatea	Cu	Ni	Zn	Pb	Mn
		mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo
fl. Nistru	s. Naslavcea	12,07	20,43	32,19	11,54	710,86
		-0,82	-0,8	-0,78	-0,6	-0,44
fl. Nistru	or. Otaci	8,03	14,39	20,98	7,47	495,9
		-0,88	-0,86	-0,85	-0,75	-0,61
fl. Nistru	s. Olănești	18,44	18,2	35,41	12,05	345,37
		-0,73	-0,82	-0,75	-0,58	-0,73
Lacul Dubăsari	or. Râbnița	10,91	19,14	28,44	7,81	450,7
		-0,84	-0,82	-0,8	-0,74	-0,65
r. Răut	s. Ustia	28,91	40,52	64,22	16,02	632,23
		-0,57	-0,61	-0,55	-0,47	-0,51
r. Bâc	mun. Chișinău (amonte)	33,05	17,25	98,22	28,61	150,57
		-0,51	-0,87	-0,31	-0,05	-0,88
r. Bâc	mun. Chișinău (aval)	37,89	24,86	106,66	27,68	258,45
		-0,44	-0,76	-0,25	-0,08	-0,8
r. Bâc	s. Gura Bâcului	58,18	28,43	179,86	27,04	278,39
		-0,14	-0,72	0,25	-0,08	-0,78
Lacul Ghidighici	s. Vatra, mun. Chișinău	15,24	20,42	31,35	11,76	391,56
		-0,78	-0,81	-0,78	-0,61	-0,7
		7,47	9,66	16,75	96,24	177,02
		-0,89	-0,91			

Monitorizarea în a. 2013 (SHS) a conținutului de Cu, Ni, Zn, Pb și Mn în sedimentele din lacurile Taraclia, Comrat, Cahul (sudul țării) și în cele din mun. Chișinău demonstrează că acestea sunt nepoluante cu Cu, Ni, Zn, Pb și Mn (clasa 0, Igeo este <0) [20] (Tab.6,7).

Tabelul 6

Concentrația și Igeo a metalelor grele în sedimentele subacvatice din lacurile Taraclia, Comrat și Cahul (a. 2013)

Lacul	Localitatea	Cu	Ni	Zn	Pb	Mn
		mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo
Lacul Taraclia	or. Taraclia	9,73	17,62	23,07	5,02	608,9
		-0,86	-0,83	-0,84	-0,83	-0,52
Lacul Comrat	or. Compat	6,88	14,39	18,0	6,74	261,6
		-0,9	-0,86	-0,88	-0,78	-0,8
Lacul Cahul	s. Etulia Nouă	33,23	39,79	98,99	22,7	724,1
		-0,5	-0,61	-0,31	-0,25	-0,43

Tabelul 7

Conținutul metalelor grele Igeo în sedimentele din lacurile mun. Chișinău

Localizarea	Cu	Ni	Zn	Pb	Mn
	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo
Lac, Grădina Botanică	8,06 -1,4	10,28 -0,9	10,79 -1,1	6,88 -1,0	342,4 -0,8
Lac, parcul Valea Trandafirilor, bd. Dacia	2,73 -1,7	7,69 -1,05	6,56 -1,22	2,95 -1,4	71,3 -1,1
Lac, parcul Râșcani, str. Alecu Ruso	4,02 -1,65	8,98 -1,0	11,47 -1,15	6,79 -1,0	138,8 -0,9
Lac, Muzeul Satului, str. Valea Crucii	27,05 -1,14	24,51 -0,7	72,99 -0,65	32,78 0,1	891,2 -0,3
Lac, parcul Calea Orheiului, str. Calea Orheiului	19,67 -1,15	19,06 -0,85	87,79 -0,5	23,57 -0,3	220,4 -0,85
Lac, parcul silvic Valea Gâștilor, șos. Balcani	16,86 -1,16	24,07 -0,7	29,68 -0,9	12,11 -0,8	282,4 -0,8
Lac, parcul La Izvor, str. Calea Ieșilor	4,69 -1,5	8,09 -1,04	9,48 -1,1	3,41 -1,4	99,7 -1,0
Lac, parcul Valea Morilor, str. Dragomirna	2,84 -1,7	8,16 -1,04	6,71 -1,2	4,37 -1,3	94,2 -1,0

Un deosebit interes științific a prezentat evaluarea stării ecologice a sedimentelor subacvatice din Ariile Naturale Protejate de Stat, Monumentele Naturale Hidrologice (MNH) și din teritoriul adiacent lor.

Studiul (a. 2013) metalelor grele în sedimentele din r. Răut, s. Geloboc (izvor MNH), râulețul din s. Izvoare, r-nul Orhei (izvor MNH) demonstrează prezența poluării nesemnificative cu Cu în toate sedimentele investigate și cu Pb în r. Cogâlnic, s. Cucuruzeni, 100 m amonte de MNH (*nepoluante, moderat poluate*, Igeo = 0-2,0). *Poluate puternic* cu Pb sunt probele colectate din r. Răut și râulețul din s. Izvoare, r-nul Orhei (Igeo = 3,1-3,3). Conținutul de Zn și Fe din sedimente este de nivelul *nepoluat* [23] (Tab.8).

Tabelul 8

Concentrația și Igeo a metalelor grele în sedimentele subacvatice din r. Răut, Cogâlnic, râulețul din s. Izvoare

Localizarea	Fe	Pb	Cu	Zn
	% Igeo	mg/kg Igeo	mg/kg Igeo	mg/kg Igeo
r. Cogâlnic, s. Cucuruzeni, 100 m. amonte izvor (MNH)	0,035 -0,005	60 1,0	105 0,7	6,8 -1,15
r. Cogâlnic, s. Cucuruzeni, 100 m. aval izvor (MNH)	0,027 -0,004	34 0,1	58 -0,3	4,5 -1,2
Râuleț, s. Izvoare, 300 m aval de izvor (MNH)	0,0064 -0,014	17 -0,7	74 0,2	1,2 -1,25
r. Răut, s. Jeloboc, 100 m. amonte izvor (MNH)	0,037 -0,005	284 3,2	132 1,0	6,4 -1,15
r. Răut, pod, amonte or. Orhei	0,072 -0,01	272 3,1	172 1,4	16,4 -1,05
r. Răut, pod, aval or. Orhei	0,057 -0,008	292 3,3	158 1,25	10,4 -1,1
r. Răut, s. Pohorniceni, la pod	0,049 -0,007	332 3,3	171 1,4	8,3 -1,14

Cercetările (a. 2013) sedimentelor din râulețul Vatici, ce traversează s. Vatici, r-nul Orhei, denotă lipsa poluării cu Fe și Zn, conținutul cuprului fiind de nivelul *nepoluat* - *moderat poluat* (clasa 0-1, Igeo=0,85), dar *puternic poluate cu plumb* (clasa 4-6, Igeo=3,2-5,4) [23] (Tab.9).

Tabelul 9

Metalele grele în sedimentul subacvatic din r. Vatici (s. Vatici, r-nul Orhei)

Localizarea	Fe	Pb	Cu	Zn
	% Igeo	mg/kg Igeo	mg/kg Igeo	mg/kg Igeo
Amonte s. Vatici	0,53 -0,074	328 3,3	126 0,85	13,6 -1,1
s. Vatici, centru	0,87 -0,14	308 3,2	122 0,83	10,4 -1,12
Aval. s. Vatici, s. Curchi	0,49 -0,07	699 5,4	126 0,85	8 -1,15

Studiul (a. 2013) sedimentelor subacvatice din râulețele, care curg spre fl. Nistru prin Zona Umedă „Unguri-Holoșnița”, a demonstrat lipsa poluării cu Fe, Cu și Zn, conținutul de Pb fiind de la nivelul *nepoluat* – *moderat poluat* (clasa 0-1, Igeo=0,7) la *moderat poluat* (clasa 1-2, Igeo=1,4), iar cel de Cd – de la *moderat poluat* (clasa 1-2, Igeo=1,7) la *moderat - puternic poluat* (clasa 2-3, Igeo=2,2) [23] (Tab.10).

Tabelul 10

Conținutul metalelor grele (total) în sedimentele din râulețele Zonei Umede „Unguri-Holoșnița”

Localizarea	Fe	Pb	Cu	Cd	Zn
	%/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo
Râuleț, s. Unguri	0,07 -1,1	82 1,4	53 -0,3	2,7 1,7	69 -0,6
Râuleț, mănăstirea Călărășeuca	0,03 -1,1	51 0,7	22 -1,1	3,3 2,2	20 -1,1

Valorile Igeo a MG din sedimentele lacurilor Belevu și Manta din Zona Umedă RAMSAR „Lacurile Prutului de Jos” denotă lipsa poluării cu Cu, Ni, Zn, Pb și Mn, Igeo fiind în toate probele mai mic de zero (clasa 0 – nepoluat) [20] (Tab.11).

Tabelul 11

Concentrația și Igeo a metalelor grele în sedimentele subacvatice din lacurile Belevu și Manta (a. 2010-2014)

Lacul	Localitatea	Cu	Ni	Zn	Pb	Mn
		mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo	mg/kg/ Igeo
Lacul Manta	s. Manta	10,28	16,18	23,62	8,48	405,1
		-0,8	-0,84	-0,84	-0,72	-0,69
Lacul Belevu	s. Slobozia Mare	10,26	15,7	26,44	7,91	189,2
		-0,8	-0,85	-0,82	-0,74	-0,85

Un studiu privitor la concentrația metalelor grele (a.1992-1995) în sedimentul ecosistemelor acvatice din Delta Dunării a fost realizat de V.Iordache și al. (1997), fiind constatată o variație a poluării de la clasa 0 (*nepoluat*) la clasa 6 (*foarte puternic poluat*): pentru Cu de la 3,0 (clasa 0) la 1236,0 ppm (clasa 6); Pb de la 0,0 (clasa 0) la 366,0 ppm (clasa 4); Zn de la 3,0 (clasa 0) la 252 ppm (clasa 1); Cr de la 8,0 (clasa 0) la 186 ppm (clasa 1); Ni de la 1,0 (clasa 0) la 395 ppm (clasa 2); Fe de la 0,5 la 6,9% (clasa 0); Cd de la 0,3 (clasa 2) la 20,4 ppm (clasa 6) [26].

Rezultatele clasificării sedimentelor din r. Olt, România (Tab.12), au sugerat o *poluare moderată* cu Ni și Cu și de la *nepoluat* până la *moderat poluat* pentru Cd [27].

Tabelul 12

Concentrația, Igeo și clasificarea probelor de sedimente din r. Olt, România

Probele	Ni			Cu			Cd		
	mg/kg	Igeo	Clasa	mg/kg	Igeo	Clasa	mg/kg	Igeo	Clasa
S-PO/I	116,4	1,1	II	98,7	0,7	I	2,1	0,8	I
S-PO/II	38,9	-0,4	0	43,6	-0,5	0	2,9	1,3	II
S-C/I	41,1	-0,4	0	44,3	-0,4	0	2,1	0,8	I
S-C/II	19,3	-1,5	0	6,2	-3,3	0	2,8	1,2	II
S-M/I	21,4	-1,3	0	18,1	-1,7	0	<1,0	-0,3	0
S-M/II	10,5	-2,3	0	<1,0	-5,8	0	<1,0	-0,3	0

Reieșind din faptul că zonele umede joacă un rol important în purificarea apelor, asigurând blocarea poluanților în sedimente sau plantele de apă (de exemplu, pot absorbi și păstra metale grele ca Fe și Cu), a fost evaluată informația privind starea sedimentelor din zona umedă Mighan, Iran [28]. Poluarea cu MG în zonă este cauzată de diverse activități industriale, urbane și agricole. Media concentrației metalelor din 13 puncte de colectare a sedimentelor din zona umedă a fost la Pb de $9,182 \pm 3,314$ mg/kg, la Zn – de $9,514 \pm 2,443$ mg/kg, la Cu – de $45,351 \pm 2,634$ mg/kg și la Ni – de $43,456 \pm 2,618$ mg/kg. Indicele de geoacumulare, calculat conform concentrațiilor minime și maxime ale Pb, Zn, Cu și Ni din sedimente, corespunde clasei 0 (*nepoluat*), ceea ce confirmă rolul florei acvatice în depoluarea apei și a sedimentelor prin absorbția ionilor MG.

Un argument al poluării sedimentelor subacvatice cu MG din activitatea industrială este studiul Igeo al sedimentelor din râurile Lososinka și Neglinka, care traversează zona centrală a or. Petrozavodsc (Federația Rusă) și transportă apa din Petrozavodsk în lacul Onega. Sedimentele cercetate au fost colectate din luncă inundabilă (precipitare), din canalul de deversare și din o zonă în care se acumulează aluviuni de la inundații. În secțiunile de prag ale cursurilor de apă sedimentul este reprezentat de prundiș [29]. Cele mai mari valori ale Igeo pentru Pb, Zn, Co, Ni și Cu sunt în sedimentele tuturor secțiunilor urbane ale râurilor studiate (Fig.2); toate secțiunile și r. Neglinka sunt estimate ca fiind *puternic poluate* cu Zn și Ni (Igeo > 3, clasa 4).

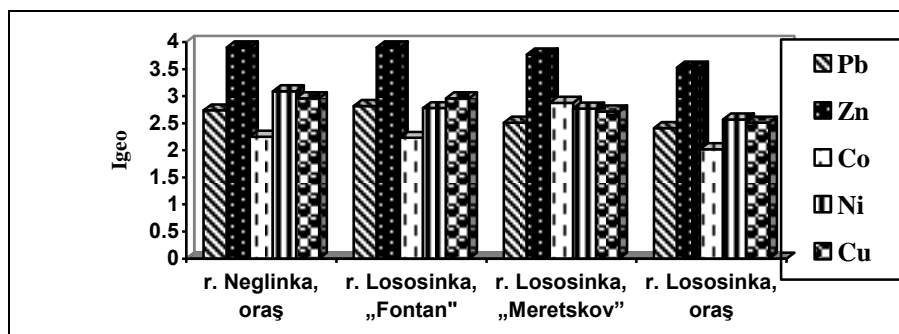


Fig.2. Valorile medii ale Igeo pentru sedimentele zonelor urbane ale râurilor din or. Petrozavodsk, Federația Rusă.

Prin calcularea indicelui de geoacumulare a metalelor grele (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Mn și Ni) în sedimentele din diferite sisteme acvatice ale republicii s-a stabilit că conținutul acestora, fiind mic, nu afectează starea componentelor mediului înconjurător. Totodată, s-a demonstrat că concentrația de Cd, Cu și Pb în sedimentele analizate este la limita pragului de alertă. De aceea, sunt necesare studii ecologice și geochemice permanente ale sedimentelor subacvatice pentru a evalua nivelul poluării „istorice” atât în cursurile de apă, cât și în zonele rurale și urbane.

Concluzii

1. Majoritatea sedimentelor din bazinele acvatice ale ariilor naturale protejate de stat studiate sunt considerate, conform clasificării Igeo, ca fiind *nepoluate* și/sau *poluate moderat*. Sedimentele subacvatice din râulețele care străbat Zona Umedă „Unguri-Holoșnița” sunt *moderat - puternic poluate* (clasa 2-3, Igeo=2,2) cu Cd.

2. S-a evidențiat o *puternică poluare* cu Pb (clasa 4-6, Igeo=3,2-5,4) a sedimentelor din râulețul Vatici, s. Vatici, componentă a ariei naturale protejate de stat Parcul Național Orhei. *Poluate puternic* cu Pb sunt și sedimentele r. Răut și ale râulețului din s. Izvoare, r-nul Orhei (clasa 4, Igeo = 3,1-3,3).

3. Sedimentele subacvatice ale r. Bâc și ale unor lacuri din mun. Chișinău sunt *nepoluate* cu metale grele, spre deosebire de sedimentele din bazinele acvatice ale unor orașe industrializate (de ex., or. Petrozavodsk, Federația Rusă), unde acestea sunt *puternic poluate* cu Zn și Ni (Igeo > 3).

4. Valorile Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Mn și Ni din sedimentele subacvatice analizate exprimă starea ecologică „locală”, în unele cazuri „regională”, și reflectă nivelul de poluare cu MG a diferitelor ecosisteme naturale și antropizate din republică. Concentrația de Cd, Cu și Pb în sedimentele subacvatice analizate este, în majoritatea cazurilor, la limita pragului de alertă.

Referințe:

- FORSTNER, U., OWENS, P. *Sediment Quantity and Quality Issues in River Basins. Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers an Interdisciplinary Approach*. Westrich B., Forstner U. (eds.). In: *Berlin Heidelberg. Springer-Verlag*, 2007, p.1-15.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- Directiva 2006/11/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15.02.2006 privind poluarea cauzată de anumite substanțe periculoase deversate în mediul acvatic al Comunității.
- GUAN, Y., SHAO, C.F., JU, M.T. Heavy metal contamination assessment and partition for industrial and mining gathering areas. In: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2014, no.11, p.7286-7303.
- SAKAN, S.M., DORDEVIC, D.S. et al. Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza River sediments. In: *J. Environ. Manage*, 2009, no.90, p.3382-3390.
- CEVIK, F., GOKSU, M.Z.L., DERICI, O.B., FINDIK, O. An assessment of metal pollution in surface sediments of seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. In: *Environ. Monit. Assess*, 2009, no.152, p.309-317.
- DEVESA-REY, R., DIAZ-FIERROS, F., BARRAL M.T. Trace metals in river bed sediments: An assessment of their partitioning and bioavailability by using multivariate exploratory analysis. In: *J. Environ. Manage*, 2010, no.91, p.2471-2477.
- POSTOLACHI, L. *Dinamica formelor de fosfor și a metalelor grele în sistemul apă-materii în suspensie – sedimentele Prutului și Nistrului*: Teză de doctor în științe chimice. Chișinău, 2014. 166 p.

9. RUSU, V., LUPAȘCU, T. *Chimia sedimentelor acvatice. Proprietăți de suprafață. Modele fizico-chimice*. Chișinău: Elena V.I., 2004, 272 p.
10. HERR, L. EDWIN, GRAY, C. KENNETH. Sampling revering sediments impacted by acid mine drainage: problems and solutions. In: *Environmental Geology*, 1997, no.29(1/2), p.37-45.
11. HAWKES, H., WEBB, J.S. *Geochemistry in mineral exploration*. New York, 1962. 415 p.
12. GAŁUSZKA, A. A review of geochemical background concepts and an example using data from Poland. In: *Environmental Geology*, 2007, 52, p.861-870.
13. REIMANN, C., FILZMOSE, P. et al. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. In: *Science of the Total Environment*, 2005, no.346, p.1-16.
14. REIMANN, C., GARRET, R.G. Geochemical background – concept and reality. In: *Science of the Total Environment*, 2005, no.350, p.12-27.
15. MULLER, G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. In: *Geol. J.*, 1969, no.2, p.108-118.
16. XU, G., LIU, J., PEI, S., KONG, X., HU, G. Distribution and source of heavy metals in the surface sediments from the near-shore area, north Jiangsu Province, China. In: *Mar. Pollut. Bull.*, 2014, no.83, p.275-281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.041>.
17. SELINUS, O.S., ESBENSEN, K. Separating anthropogenic from natural anomalies in environmental geochemistry. In: *Journal of Geochemical Exploration*, 1995, no.55, p.55-66.
18. ДАУБАЛТЕР, В.А. *Геоэкология донных отложений озер*. Мурманск: Изд-во Мурманского госуд. технич. ун-та, 2012, 242 с.
19. MÜLLER G. *Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit*. Umschan, 1979, p.778-783.
20. Anuar. Serviciul Hidrometeorologic de Stat. *Starea calității solului pe teritoriul Republicii Moldova în a. 2013*. Chișinău, 2014, 112 p. Disponibil http://meteo.md/monitor/anuare/2013/anuarsol_2013.pdf.
21. Anuar. Serviciul Hidrometeorologic de Stat. *Starea calității solului pe teritoriul Republicii Moldova în a. 2014*. Chișinău, 2015, 157 p. Disponibil http://meteo.md/monitor/anuare/2014/anuarsol_2014.pdf.
22. BEGU, A. *Studiul ecobioindicației în Republica Moldova și implementarea ei în monitoringul calității mediului: Teză de doctor habilitat în biologie*. Chișinău, 2010. 254 p.
23. Proiectul aplicativ 11.817.08.05A (2011-2014). Impactul factorilor naturali și antropici asupra geo- și ecosistemelor de pe teritoriul Republicii Moldova în scopul perfecționării managementului resurselor naturale și conservării ariilor reprezentative.
24. TARITA, A., SANDU, M. ș.a. The Wetland of international Importance „Unguri-Holosnita”: actual state. In: *Ресурсы природных вод Карпатского региона / Проблемы охраны та рационального використання. Матеріали П'ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції*. Львів, 2016. p.63-66.
25. TĂRÎȚĂ, A. Geoacumularea metalelor grele în sol în funcție de modul de utilizare a acestuia. In: *Materialele Conferinței științifice cu participare internațională „Cercetarea și gestionarea resurselor de sol”*, 8-9 septembrie 2017. Chișinău, 2017, p.118-127. ISBN 978-9975-71-931-5
26. IORDACHE, V. ș.a. Distribuția metalelor grele în ecosistemele acvatice din Delta Dunării. In: *Analele Științifice ale Institutului „Delta Dunării”*. Tulcea, 1997, p.521-534.
27. MANDOC (POPESCU), L. *Metode și metodologii în determinări analitice cu aplicații în evaluări de mediu și sănătate: Rezumat al tezei de doctorat*. București, 2013, 40 p. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/312172963_Methods_and_methodologies_in_analytical_determinations_with_applications_for_environmental_and_health_assessments.
28. SAMAR, MORTAZAVI, FAEZEH, SABERINASAB. Heavy Metals Assessment of Surface Sediments in Mighan Wetland Using the Sediment Quality Index. In: *Ecopersia*, 2017, vol.5(2), p.1761-1770. DOI: 10.18869/modares
29. СЛУКОВСКИЙ, З.И. *Эколого-геохимический анализ состояния донных отложений малых рек урбанизированных территорий (на примере города Петрозаводска)*: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Петрозаводск, 2014. 23 с.

Date despre autori:

Maria SANDU, doctor în chimie, conferențiar cercetător; cercetător științific coordonator în LCȘ *Ecosisteme Naturale și Antropice*, Institutul de Ecologie și Geografie. **E-mail:** sandu_mr@yahoo.com

Anatol TĂRÎȚĂ, doctor în biologie, conferențiar cercetător; șef LCȘ *Ecosisteme Naturale și Antropice*, Institutul de Ecologie și Geografie. **E-mail:** ozonmd@mail.ru

Raisa LOZAN, doctor în chimie, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator în LCȘ *Ecosisteme Naturale și Antropice*, Institutul de Ecologie și Geografie. **E-mail:** raicalozan@gmail.com

Sergiu ȚURCAN, inginer ecolog coordonator în LCȘ *Ecosisteme Naturale și Antropice*, Institutul de Ecologie și Geografie. **E-mail:** sergiusandu2006@yahoo.com.

Prezentat la 05.07.2018