CZU: 546.56:546.72:556.53(478)"2015/2022"
https://doi.org/10.59295/PRTEP2023_19

19. CONTINUTUL ŞI LEGITĂŢILE MIGRĂRII DIVERSELOR FORME EXISTENŢIONALE ALE CUPRULUI ŞI FIERULUI ÎN APELE BAZINULUI NISTRULUI DE JOS PE PARCURSUL ANILOR 2015-2022

Ruslan BORODAEV
Universitatea de Stat din Moldova

Rezumat. În capitol a fost studiată migrația de fier(III) și cupru(II) în apa secțiunii a fluviului Nistrului de Jos și a bazinului lui. Rezultatele studiului anilor 2015-2022 sunt prezentate în forma distribuției metalelor dintre formele de migrare în fluviu Nistru, Răut, Ichel, precum și în lacurile de acumulare Ghidighici și Danceni. Pentru fiecare obiect de apă naturală sunt prezentate, de asemenea, rezultatele modelării statistice unde sunt legate concentrațiile diferitelor forme de migrare a metalelor cu indicatori ai calității apei naturale. S-a stabilit că cuprul migrează prioritar sub forme coloidal-dizolvate și fier sub forme suspendate. Procesele radicalice de autopurificare a apei naturale sunt posibile în apa Nistrului cu participarea formelor coloidal-dizolvate a cuprului și în apa lacurilor de acumulare cu participarea formelor coloidal-dizolvate a fierului. Procesele de autopurificare chimică a apei afluentelor Nistrului (Răut, Ichel), probabil, au loc numai prin mecanismului ion-molecular.

Cuvinte-cheie: formele de migrare a fierului și a cuprului, forme coexistente suspendate și coloidal-dizolvate, modelarea statistică, procese radicalice de autopurificare a apei naturale, forme de migrare a metalelor de natura minerală, mineralo-organică şi organică

CONTENTS AND MIGRATION REGULARITIES OF VARIOUS EXISTENTIAL FORMS OF COPPER AND IRON IN THE LOWER DNIESTER RIVER BASIN DURING 2015-2022

***Summary**. The chapter studied the migration of iron(III) and copper(II) in the water of the Lower Dniester river section and its basin. The results of the study for the years 2015-2022 are presented in the form of the distribution of metals among the forms of migration in the Dniester, Raut, Ichel rivers, as well as in the Ghidighici and Danceni reservoirs. For each natural water object, the results of the statistical modeling are also presented, where the concentrations of different forms of metal migration are related to natural water quality indicators. It was established that copper migrates preferentially in colloidal-dissolved forms and iron in suspended forms. Radical processes of self-purification of natural water are possible in the water of the Dniester*

with the participation of colloidal-dissolved forms of copper and in the water of reservoirs with the participation of colloidal-dissolved forms of iron. The processes of chemical self-purification of the water of the Dniester tributaries (Raut, Ichel) probably take place only through the ion-molecular mechanism.

***Keywords**: migration forms of iron and copper, coexisting suspended and colloidal-dissolved forms, statistical modeling, radical self-purification processes of natural water, migration forms of mineral, mineral-organic and organic metals*

1. INTRODUCERE

Probele de apă au fost aduse din şapte puncte de prelucrare a probelor de apă. Punctele de prelucrare au fost plasate pe Nistru de Jos (Dubăsari, Criuleni, Vadul-lui-Vodă), râuri mici (Râut, Ichel) şi lacuri de acumulare (Danceni, Ghidighici).

Din probele de apă după determinarea diferitelor indicatori hidrochimici (temperatura apei-T, pH, turbiditate, oxigen dizolvat, oxidabilitatea permanganatometrică - CCO_{Mn}) şi ecochimici (Eh, rH_2) au fost separate prin metoda de filtrare membranară formele de migrare coloidal-dizolvate (FCD $\leq$ 0.45μm) şi suspendate (FS >0.45μm) a metalelor. În bilanţul formelor coloidal-dizolvate a metaleor cercetatorii identific forme de natura minerală, mineralo-organică şi organică. Concentraţia cuprului şi fierului, legate cu diferite forme de migraţie, a fost determinată în faza lichidă prin metoda spectroscopiei atomice de absorbţie la aparatul IL-551.

Pentru a determina legitățile migrării fierului și cuprului în apele de suprafaţă au fost studiate interlegături dintre formele de migrare ale metalelor şi diferitori indicatori hidrochimici şi ecochimici a apei prin metoda analizei statistice de corelare şi regresie liniară cu estimarea veridicităţii dependenţelor puternice. Cu alte cuvinte au fost efectuată aşa numită modelarea statistică. Parametrul care descrie gradul de asociere liniară a două variabile se numește *coeficientul de corelare – r.* Corelațiile determinate au fost supuse testării prin ipoteza nulă, pentru a exclude dependențele corelative puternice, aparente. Indicatorul folosit pentru această verificare este *coeficientul Student*, care presupune că dacă valoarea obținută pentru coeficientul Student (t_r) este mai mare ca cel tabelar (t_{05}) și intervalele de încredere pentru r și b nu includ valoarea nulă, atunci corelația și regresia sunt reale.

2. REZULTATE ȘI DISCUȚII

2.1. Distribuirea cuprului (II) şi fierului (III) dintre formele de migrare ale metalelor în apele fluviului Nistru de Jos [1, 2, 3, 4, 5]

Punctul de captare a probelor de apă Dubăsari, hidrocentrală aval, fluviul Nistru

În Tab.1 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) în punctul de captare a probelor de apă Dubăsari

Tabelul 1

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (Dubăsari)

Anii prelevării probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 2.38 µg/l	FS	0.13	0.00 ÷ 0.50	3.57	0.00 ÷ 14.29
		FCD	2.25	2.00 ÷ 3.00	96.42	85.71 ÷ 100.00
	Fier, 28.69 µg/l	FS	28.19	4.00 ÷ 52.50	91.67	66.67 ÷ 100.00
		FCD	0.50	0.00 ÷ 2.00	8.33	0.00 ÷ 33.33
2016	Cupru, 3.08 µg/l	FS	0.08	0.00 ÷ 0.50	5.56	0.00 ÷ 33.33
		FCD	3.00	1.00 ÷ 4.00	94.45	66.67 ÷ 100.00
	Fier, 26.83 µg/l	FS	26.33	3.00 ÷ 91.75	99.14	96.99 ÷ 100.00
		FCD	0.50	0.00 ÷ 2.00	0.86	0.00 ÷ 3.01
2017	Cupru, 3.40 µg/l	FS	0.40	0.00 ÷ 1.00	13.52	0.00 ÷ 33.33
		FCD	3.00	2.00 ÷ 5.00	86.48	66.67 ÷ 100.00
	Fier, 22.95 µg/l	FS	22.15	0.00 ÷ 57.25	78.28	0.00 ÷ 100.00
		FCD	0.80	0.00 ÷ 2.00	21.72	0.00 ÷ 100.00
2018	Cupru, 4.35 µg/l	FS	1.55	0.00 ÷ 4.25	18.54	0.00 ÷ 51.52
		FCD	2.80	0.00 ÷ 5.00	61.46	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 33.15 µg/l	FS	33.15	11.50 ÷ 77.00	100.00	100.00 ÷ 100.00
		FCD	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
2019	Cupru, 2.70 µg/l	FS	0.70	0.00 ÷ 1.50	19.91	0.00 ÷ 42.86
		FCD	2.00	1.00 ÷ 3.00	80.09	57.14 ÷ 100.00
	Fier, 13.05 µg/l	FS	12.25	1.00 ÷ 26.75	87.98	50.00 ÷ 100.00
		FCD	0.80	0.00 ÷ 3.00	12.02	0.00 ÷ 50.00
2020	Cupru, 1.92 µg/l	FS	0.25	0.00 ÷ 0.75	9.09	0.00 ÷ 27.27
		FCD	1.67	1.00 ÷ 2.00	90.91	72.73 ÷ 100.00
	Fier, 75.16 µg/l	FS	74.83	14.00 ÷ 184.75	97.78	93.33 ÷ 100.00
		FCD	0.33	0.00 ÷ 1.00	2.22	0.00 ÷ 6.67
2021	Cupru,	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00

	1.50µg/l	FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	100.00	100.00 ÷ 100.00
	Fier, 16 µg/l	FS	16	0.00 ÷ 64.00	25.00	0.00 ÷ 100.00
		FCD	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
2022	Cupru, 1.75 µg/l	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
		FCD	1.75	1.00 ÷ 2.00	100.00	100.00 ÷ 100.00
	Fier, 2.06 µg/l	FS	0.81	0.00 ÷ 3.25	25.00	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.25	0.00 ÷ 3.00	50.00	0.00 ÷ 100.00
Mediile multianuale (anii 2015 ÷ 2022)	*Cupru, 2.6±0.8*	*FS*	*0.4*	*0.0 ÷ 1.06*	*8.8*	*0.0 ÷ 25.3*
		FCD	*2.2±0.5*	*1.1 ÷ 3.3*	*88.7±10.9*	*68.6 ÷ 100.0*
	Fier, 27.2±18.2	*FS*	*26.7±18.4*	*4.2 ÷ 69.7*	*75.6±26.8*	*50.9 ÷ 100.0*
		FCD	*0.5*	*0.0 ÷ 1.6*	*11.9*	*0.0 ÷ 36.6*

Analizând mediile multianuale din Tab. 1 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului nu a depăşit 36.6 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate nu a depăşit 25.3 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

În rezultatul modelării statistice au fost obținute 6 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab. 2.

Tabelul 2

Indicatori statistici (Dubăsari, aval de hidrocentrală)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FCD}= f (Fe_{FS})	y=1,83+0,02x	b=0,020±0,019	0,8±0,7	2,70	2,57
Cu_{FCD}= f (pH)	y=18,15-1,9x	b=1,90±0,96	0,9±0,4	4,68	2,37
Cu_{FCD}= f (T)	y=0,22+0,15x	b=0,15±0,09	0,8±0,5	3,93	2,37
Fe_{FS}=f (Turbiditate)	y=5,35+0,059x	b=0,059±0,033	0,9±0,5	4,62	2,57
Fe_{FS}=f (T)	y=-30,83+4,51x	b=4,51±3,53	0,8±0,6	3,33	2,57
pH=f (T)	y=9,34-0,069x	b=0,069±0,037	0,9±0,5	4,45	2,37

Dependența formelor coloidal dizolvate ale cuprului de formele suspendate de fier confirmă proprietatea fierului în forme suspendate de a absoarbe formele de cupru. Dependenţa Cu_{FCD}= f (pH) denotă despre prevalarea în bilanţul formelor existenţionale a

metalului formelor minerale şi mineralo-organice de migrare a cuprului. Corelări Cu_{FCD}= f (T), Fe_{FS}=f (T) se oglindă caracter sezonier în migrarea metalelor.

Punctul de captare a probelor de apă Criuleni, fluviul Nistru

În Tab. 3 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) în punctul de captare a probelor de apă Criuleni.

Tabelul 3

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (Criuleni, aval Răut)

Anii prelevării probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 1.94 µg/l	FS	0.44	0.00 ÷ 0.75	23.48	0.00 ÷ 33.33
		FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	76.52	66.67 ÷ 100.00
	Fier, 15.50 µg/l	FS	15.00	12.25 ÷ 20.00	96.60	92.45 ÷ 100.00
		FCD	0.50	0.00 ÷ 1.00	3.40	0.00 ÷ 7.55
2016	Cupru, 2.17 µg/l	FS	0.50	0.00 ÷ 1.75	16.82	0.00 ÷ 36.84
		FCD	1.67	0.00 ÷ 3.00	83.18	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 43.58 µg/l	FS	43.42	1.00 ÷ 171.50	98.89	93.33 ÷ 100.00
		FCD	0.16	0.00 ÷ 1.00	1.11	0.00 ÷ 6.67
2017	Cupru, 4.25 µg/l	FS	1.25	0.00 ÷ 2.50	28.26	0.00 ÷ 60.00
		FCD	3.00	1.00 ÷ 4.00	71.74	40.00 ÷ 100.00
	Fier, 47.90 µg/l	FS	47.30	0.00 ÷ 124.75	80.00	0.00 ÷ 100.00
		FCD	0.60	0.00 ÷ 3.00	20.00	0.00 ÷ 100.00
2018	Cupru, 3.00 µg/l	FS	0.75	0.00 ÷ 1.75	32.61	0.00 ÷ 100.00
		FCD	2.25	0.00 ÷ 4.00	67.39	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 55.81 µg/l	FS	55.31	0.00 ÷ 113.75	75.00	0.00 ÷ 100.00
		FCD	0.50	0.00 ÷ 2.00	25.00	0.00 ÷ 100.00
2019	Cupru, 1.60 µg/l	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
		FCD	1.60	0.00 ÷ 3.00	80.00	0.00 ÷ 100.00

	Fier, 11.40 µg/l	FS	11.20	2.50 ÷ 20.50	98.14	90.70 ÷ 100.00
		FCD	0.20	0.00 ÷ 1.00	1.86	0.00 ÷ 9.30
2020	Cupru, 2.33 µg/l	FS	1.00	0.00 ÷ 2.00	33.33	0.00 ÷ 66.67
		FCD	1.33	1.00 ÷ 2.00	66.67	33.33 ÷ 100.00
	Fier, 110.92 µg/l	FS	110.92	10.50 ÷ 176.75	100.00	100.00 ÷ 100.00
		FCD	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
2021	Cupru, 1.13 µg/l	FS	0.13	0.00 ÷ 0.50	8.33	0.00 ÷ 33.33
		FCD	1.00	0.00 ÷ 2.00	66.67	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 4.69 µg/l	FS	4.44	0.00 ÷ 17.75	25.00	0.00 ÷ 100.00
		FCD	0.25	0.00 ÷ 1.00	25.00	0.00 ÷ 100.00
2022	Cupru, 1.63 µg/l	FS	0.13	0.00 ÷ 0.50	5.00	0.00 ÷ 20.00
		FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	95.00	80.00 ÷ 100.00
	Fier, 12.63 µg/l	FS	11.63	0.00 ÷ 32.75	48.31	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.00	0.00 ÷ 2.00	51.69	0.00 ÷ 100.00
Mediile multi-anuale (anii 2015 ÷ 2022)	*Cupru, 2.3±0.8*	*FS*	*0.5±0.4*	*0.0 ÷ 1.2*	*18.5±10.8*	*0.0 ÷ 43.8*
		FCD	*1.7±0.5*	*0.5 ÷ 2.8*	*75.9±8.3*	*27.5 ÷ 100.0*
	Fier, 37.8±29.6	*FS*	*37.4±29.7*	*3.3 ÷ 84.7*	*77.7±23.2*	*47.1 ÷ 100.0*
		FCD	*0.4±0.3*	*0.0 ÷ 1.4*	*16.0±15.1*	*0.0 ÷ 52.9*

Analizând mediile multianuale din Tab. 3 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului nu a depăşit 52.9 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate rar a ajuns 43.8 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

În rezultatul modelării statistice au fost obținute 6 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab.4. După cum urmează din Tab. 4 (Cu_{FCD}= f(pH)) formele minerale şi mineralo-organice de migrare a cuprului prevalau în bilanţul formelor existenţionale a metalului tot aşa ca şi în punctul de prelevare a probelor de apă Dubăsari.

Tabelul 4

Indicatori statistici (Criuleni, aval Răut)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FCD}= f(Cu_{FS})	y=1,21+0,915x	b=0,915±0,903	0,71±0,70	2,47	2,45
Cu_{FCD}= f(pH)	y=1,26-8,63x	b=1,26±1,09	0,9±0,8	3,57	3,18
Cu_{FCD}= f(Turbiditate)	y=0,88+0,00735x	b=0,00735±0,00722	0,71±0,70	2,47	2,45
Cu_{FS}= f(Turbiditate)	y=0,093+0,0056x	b=0,0056±0,0029	0,9±0,5	4,78	2,45
Fe_{FS}= f(Turbiditate)	y=0,083+0,24x	b=0,24±0,13	0,9±0,5	4,46	2,37
pH= f(T)	y=9,35-0,0630x	b=0,0630±0,0617	0,71±0,70	2,47	2,45

Turbiditatea probelor de apă în punctul de prelevare Criuleni se determine nu numai prin prezenţa formelor suspendate a fierului (Fe_{FS}=f(Turbiditate)), dar şi prin prezenţa formelor suspendate(Cu_{FS}=f(Turbiditate)) şi coloidal-dizolvate(Cu_{FCD}=f(Turbiditate)) a cuprului.

Despre existenţa echilibrului dintre formele suspendate şi coloidal-dizolvate a cuprului indică dependenţa puternică Cu_{FCD}= f(Cu_{FS}).

Toate aceste fapte ne informează despre intensitatea înaltă a proceselor de sorbţie (sorbţia-desorbţia) care posibil are loc în apele fluviului Nistru cu implicarea metalelor studiate.

Punctul de captare a probelor de apă Vadul-lui-Vodă, fluviul Nistru

În Tab. 5 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) în punctul de captare a probelor de apă Vadul-lui-Vodă.

Analizând mediile multianuale din Tab.5 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului nu a depăşit 43.4 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate nu a depăşit 38.3% de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

Tabelul 5

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (Vadul-lui-Vodă, aval Ichel)

Anii prelevării probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 2.75 µg/l	FS	1.25	1.00 ÷ 1.50	46.55	33.33 ÷ 60.00
		FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	53.45	40.00 ÷ 66.67
	Fier, 24.94 µg/l	FS	24.94	8.25 ÷ 39.00	100.00	100.00 ÷ 100.00
		FCD	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
2016	Cupru, 4.38 µg/l	FS	0.88	0.00 ÷ 2.25	19.30	0.00 ÷ 52.94
		FCD	3.50	2.00 ÷ 8.00	80.70	47.06 ÷ 100.00
	Fier, 40.04 µg/l	FS	39.71	1.75 ÷ 87.75	99.63	97.77÷ 100.00
		FCD	0.33	0.00÷ 2.00	0.37	0.00÷ 2.23
2017	Cupru, 4.25 µg/l	FS	1.25	0.00 ÷ 4.00	23.42	0.00 ÷ 66.67
		FCD	3.00	2.00 ÷ 4.00	76.58	33.33 ÷ 100.00
	Fier, 28.15 µg/l	FS	26.95	0.00 ÷ 111.75	75.86	0.00÷ 100.00
		FCD	1.20	0.00÷ 3.00	24.14	0.00÷ 100.00
2018	Cupru, 2.00 µg/l	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
		FCD	2.00	0.00 ÷ 4.00	75.00	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 58.88 µg/l	FS	58.38	0.00 ÷ 102.75	75.00	0.00÷ 100.00
		FCD	0.50	0.00÷ 2.00	25.00	0.00÷ 100.00
2019	Cupru, 2.10 µg/l	FS	0.30	0.00 ÷ 1.00	10.67	0.00 ÷ 33.33
		FCD	1.80	1.00 ÷ 3.00	77.33	66.67 ÷ 100.00
	Fier, 18.75 µg/l	FS	18.15	0.00 ÷ 37.75	76.08	0.00÷ 100.00
		FCD	0.60	0.00÷ 2.00	3.92	0.00÷ 17.02
2020	Cupru,	FS	0.17	0.00 ÷ 0.50	11.11	0.00 ÷ 33.33

	1.50 µg/l	FCD	1.33	1.00÷2.00	88.89	66.67÷ 100.00
	Fier, 36.75 µg/l	FS	35.75	30.75÷40.50	97.20	94.74÷ 100.00
		FCD	1.00	0.00÷ 2.00	2.80	0.00÷5.26
2021	Cupru, 1.50 µg/l	FS	0.00	0.00÷0.00	0.00	0.00÷0.00
		FCD	1.50	1.00÷2.00	100.00	100.00÷ 100.00
	Fier, 4.63 µg/l	FS	3.88	0.00÷6.75	65.84	0.00÷100.00
		FCD	0.75	0.00÷2.00	9.16	0.00÷22.86
2022	Cupru, 1.17 µg/l	FS	0.50	0.00÷1.50	20.00	0.00÷60.00
		FCD	0.67	0.00÷1.00	46.67	0.00÷100.00
	Fier, 5.66 µg/l	FS	4.33	0.00÷13.00	30.95	0.00÷92.86
		FCD	1.33	0.00÷2.00	69.05	7.14÷100.00
Mediile multi-anuale (anii 2015÷ 2022)	*Cupru, 2.5±1.0*	*FS*	*0.5±0.4*	*0.1 ÷ 1.3*	*16.4±12.6*	*4.2 ÷38.3*
		FCD	*1.9±0.8*	*1.0 ÷ 3.3*	*74.8±14.6*	*44.2 ÷95.8*
	Fier, 27.2±15.2	*FS*	*26.5±15.4*	*5.1÷ 54.9*	*77.6±19.3*	*36.6÷99.1*
		FCD	*0.7±0.4*	*0.0÷ 1.9*	*16.8*	*0.9÷43.4*

În rezultatul modelării statistice au fost obţinute 5 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab. 6.

Tabelul 6

Indicatori statistici (Vadul-lui-Vodă, Ichel aval)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FCD}= f(CCO_{Mn})	y=-1,43+0,87x	b=0,87±0,72	0,7±0,6	2,83	2,37
Cu_{FCD}= f(Eh)	y=4,54-0,0080x	b=0,0080±0,0059	0,8±0,6	3,27	2,45
Cu_{FCD}=f(rH_2)	y=9,79-0,28x	b=0,28±0,15	0,9±0,5	4,78	2,45
pH=f(T)	y=8,95-0,0242x	b=0,0242±0,0236	0,76±0,75	2,61	2,57
Turbiditate=f(T)	y=-50,76+10,82x	b=10,82±8,56	0,9±0,7	3,52	2,78

După cum urmează din Tab.6 (Cu_{FCD}= f(CCO_{Mn})) în bilanţul formelor existenţionale a cuprului formele organice de migrare a metalului prevalau. Dependenţele Cu_{FCD}= f(Eh), Cu_{FCD}=f(rH_2) dau posibilitate de a presupunem, că în punctul de prelevare a probelor de apă Vadul-lui-Vodă se realizează un canal de autopurificare radicalică a apei naturale cu implicare puternică în acest proces formelor coloidal-dizolvate a cuprului.

Concluzii

- În apele fluviului Nistrului de Jos fierul migrează preponderent în forme susendate. În cazul cuprului au prevalat formele coloidal-dizolvate;
- În cursul râului se schimbă natura formelor de migrare a fierului şi cuprului;
- Formele coloidal-dizolvate a cuprului sunt mai activi în procese radicalice de autopurificale a apei naturale comparativ cu formele coloidal-dizolvate a fierului.

2.2. Distribuirea cuprului (II) şi fierului (III) dintre formele de migrare ale metalelor în apele râurilor mici Răut şi Ichel [3,4]

Râul Răut – afluentul de dreaptă a fluviului Nistru

În Tab.7 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) în punctul de captare a probelor de apă Răut.

Tabelul 7

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (Răut)

Anii prelevării Probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 9.64 µg/l	FS	6.64	0.50 ÷ 20.83	48.62	14.29 ÷ 87.41
		FCD	3.00	3.00 ÷ 3.00	51.38	12.59 ÷ 85.71
	Fier, 374.08 µg/l	FS	372.58	159.50 ÷ 672.00	99.41	98.89 ÷ 100.00
		FCD	1.50	0.00 ÷ 3.00	0.59	0.00 ÷ 1.11
2016	Cupru, 3.17 µg/l	FS	1.00	0.00 ÷ 2.25	35.95	0.00 ÷ 100.00
		FCD	2.17	0.00 ÷ 4.00	64.05	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 207.21 µg/l	FS	205.54	10.75 ÷ 336.50	99.35	97.96 ÷ 100.00

		FCD	1.67	0.00 ÷ 7.00	0.65	0.00 ÷ 2.04
2017	Cupru, 4.65 µg/l	FS	1.85	0.99 ÷ 4.00	39.32	20.00 ÷ 80.00
		FCD	2.80	1.00 ÷ 4.00	60.68	20.00 ÷ 80.00
	Fier, 215.33 µg/l	FS	213.53	119.50 ÷ 302.75	99.02	97.55 ÷ 100.00
		FCD	1.80	0.00 ÷ 3.00	0.98	0.00 ÷ 2.45
2018	Cupru, 4.75 µg/l	FS	2.00	0.00 ÷ 4.00	43.46	0.00 ÷ 100.00
		FCD	2.75	0.00 ÷ 5.00	56.54	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 322.13 µg/l	FS	319.88	33.50 ÷ 597.00	98.18	94.37 ÷ 99.61
		FCD	2.25	1.00 ÷ 3.00	1.82	0.39 ÷ 5.63
2019	Cupru, 2.55 µg/l	FS	0.35	0.00 ÷ 1.00	6.82	0.00 ÷ 33.33
		FCD	2.20	1.00 ÷ 4.00	87.88	66.67 ÷ 100.00
	Fier, 89.05 µg/l	FS	87.65	5.75 ÷ 154.50	98.87	97.02 ÷ 100.00
		FCD	1.40	0.00 ÷ 3.00	1.13	0.00 ÷ 2.98
2020	Cupru, 2.92 µg/l	FS	0.92	0.50 ÷ 1.25	33.52	20.00 ÷ 55.56
		FCD	2.00	1.00 ÷ 3.00	66.48	44.44 ÷ 80.00
	Fier, 108.66 µg/l	FS	107.33	23.00 ÷ 162.75	95.95	88.46 ÷ 100.00
		FCD	1.33	0.00 ÷ 3.00	4.05	0.00 ÷ 11.54
2021	Cupru, 1.69 µg/l	FS	0.19	0.00 ÷ 0.75	6.82	0.00 ÷ 27.27
		FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	93.18	72.73 ÷ 100.00
	Fier, 80.00 µg/l	FS	78.75	7.50 ÷ 125.75	98.82	98.14 ÷ 100.00
		FCD	1.25	0.00 ÷ 2.00	1.18	0.00 ÷ 1.86
2022	Cupru, 1.50 µg/l	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
		FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	100.00	100.00 ÷ 100.00

	Fier, 22.50 µg/l	FS	21.00	0.00 ÷ 63.5	49.24	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.50	0.00 ÷ 2.00	50.76	0.00 ÷ 100.00
Mediile multi-anuale (anii 2015 ÷ 2022)	*Cupru, 3.3±2.5*	*FS*	*1.6*	*0.2 ÷ 4.3*	*26.8±16.0*	*6.8 ÷ 60.4*
		FCD	*2.2±0.5*	*1.0 ÷ 3.4*	*72.5±15.4*	*39.6 ÷ 93.2*
	Fier, 177.4±104.1	*FS*	*175.8±103.9*	*44.9 ÷ 301.8*	*92.4±14.6*	*84.0 ÷ 99.9*
		FCD	*1.6±0.3*	*0.1 ÷ 3.3*	*7.6*	*0.05 ÷ 15.6*

Analizând mediile multianuale din Tab.7 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului nu a depăşit 15.6 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate rar a ajuns 60.4% de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

În rezultatul modelării statistice au fost obţinute 4 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab.8.

Tabelul 8

Indicatori statistici (Răut)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FCD}= f (pH)	y=20,41-2,19x	b=2,19±1,87	- (0,85±0,73)	3,23	2,78
Cu_{FCD}= f (Turbiditate)	y=-5,37+0,011x	b=0,011±0,005	0,9±0,4	5,67	2,57
Fe_{FCD}= f (Turbiditate)	y=3,15-0,0038x	b=0,0038±0,0026	-(0,8±0,6)	3,50	2,45
pH=f (T)	y=9,31-0,06x	b=0,06±0,04	-(0,8±0,5)	3,78	2,45

După cum urmează din Tab.8 (Cu_{FCD}= f(pH)) în bilanţul formelor existenţionale a cuprului formele minerale şi mineralo-organice de migrare a metalului prevalau. Aceste formele de migrare a metalului sunt legate cu aşa indicatorul de calitate a apei ca turbiditate (Cu_{FCD}= f (Turbiditate)). Tot cu turbiditate sunt legate şi forme coloidal-dizolvate a fierului (Fe_{FCD}= f (Turbiditate)). Aici se poate de facut o presupunere, că formele coloidal-dizolvate a metalelor studiate provin din aceeaşi structură geologică.

Râul Ichel – afluentul de dreaptă a fluviului Nistru

În Tab. 9 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) în punctul de captare a probelor de apă Ichel.

Tabelul 9

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (Ichel)

Anii prelevării probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 3.91 µg/l	FS	1.58	0.50 ÷ 2.75	39.35	14.29 ÷ 57.89
		FCD	2.33	2.00 ÷ 3.00	60.65	42.11 ÷ 85.71
	Fier, 189.16 µg/l	FS	187.83	156.25 ÷ 235.00	99.18	98.12 ÷ 100.00
		FCD	1.33	0.00 ÷ 3.00	0.82	0.00 ÷ 1.88
2016	Cupru, 4.37 µg/l	FS	1.54	0.00 ÷ 4.00	29.46	0.00 ÷ 50.00
		FCD	2.83	2.00 ÷ 4.00	70.54	50.00 ÷ 100.00
	Fier, 231.96 µg/l	FS	230.13	45.50 ÷ 361.00	99.03	97.85 ÷ 99.65
		FCD	1.83	1.00 ÷ 4.00	0.97	0.35 ÷ 2.15
2017	Cupru, 5.95 µg/l	FS	2.15	1.00 ÷ 3.75	35.85	20.00 ÷ 60.00
		FCD	3.80	2.00 ÷ 5.00	64.15	40.00 ÷ 80.00
	Fier, 198.75 µg/l	FS	196.55	35.25 ÷ 432.25	96.24	83.43 ÷ 100.00
		FCD	2.20	0.00 ÷ 7.00	3.76	0.00 ÷ 16.57
2018	Cupru, 4.44 µg/l	FS	1.44	0.00 ÷ 3.75	37.10	0.00 ÷ 100.00
		FCD	3.00	0.00 ÷ 5.00	62.90	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 243.13 µg/l	FS	241.13	43.00 ÷ 430.50	97.77	93.48 ÷ 100.00
		FCD	2.00	0.00 ÷ 3.00	2.24	0.00 ÷ 6.52
2019	Cupru, 3.25 µg/l	FS	1.05	0.00 ÷ 3.00	20.59	0.00 ÷ 52.94
		FCD	2.20	1.00 ÷ 3.00	79.41	47.06 ÷ 100.00
	Fier, 160.30 µg/l	FS	158.70	26.25 ÷ 351.75	96.94	92.92 ÷ 100.00
		FCD	1.60	0.00 ÷ 3.00	3.06	0.00 ÷ 7.08

2020	Cupru, 3.25 µg/l	FS	1.58	0.50 ÷ 2.75	44.69	33.33 ÷ 57.89
		FCD	1.67	1.00 ÷ 2.00	55.31	42.11 ÷ 66.67
	Fier, 119.33 µg/l	FS	118.00	0.00 ÷ 186.75	66.31	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.33	0.00 ÷ 2.00	33.69	0.00 ÷ 100.00
2021	Cupru, 1.69µg/l	FS	0.69	0.00 ÷ 1.75	32.58	0.00 ÷ 63.64
		FCD	1.00	1.00 ÷ 1.00	67.42	36.36 ÷ 100.00
	Fier, 96.06 µg/l	FS	95.06	11.00 ÷ 177.25	94.98	84.62 ÷ 100.00
		FCD	1.00	0.00 ÷ 2.00	5.02	0.00 ÷ 15.38
2022	Cupru, 1.63µg/l	FS	0.38	0.00 ÷ 1.00	20.83	0.00 ÷ 50.00
		FCD	1.25	1.00 ÷ 2.00	79.17	50.00 ÷ 100.00
	Fier, 30.44 µg/l	FS	28.94	0.00 ÷ 98.5	47.40	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.5	0.00 ÷ 3.00	52.60	0.00 ÷ 100.00
Mediile multi-anuale (anii 2015 ÷ 2022)	*Cupru, 3.6±1.2*	*FS*	*1.3±0.5*	*0.3 ÷ 2.8*	*32.6±7.2*	*8.5 ÷ 61.5*
		FCD	*2.3±0.8*	*1.3 ÷ 3.1*	*67.4±7.2*	*38.5 ÷ 91.5*
	Fier, 158.6±60.9	*FS*	*157.0±60.7*	*39.7 ÷ 284.1*	*87.2± 16.3*	*68.8 ÷ 99.9*
		FCD	*1.6±0.3*	*0.1 ÷ 3.4*	*12.8*	*0.04 ÷ 31.2*

Analizând mediile multianuale din Tab.9 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului nu a depăşit 31.2 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate rar a ajuns 61.5% de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

În rezultatul modelării statistice au fost obţinute 8 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab.10.

Corelări Cu_{FCD}= f (T), Fe_{FS}=f (T), Cu_{FS}=f(T) se oglindă caracter sezonier în migrarea metalelor. Dependența formelor coloidal-dizolvate ale cuprului de formele suspendate de fier (Cu_{FCD}= f(Fe_{FS})) confirmă proprietatea fierului în forme suspendate de a absoarbe formele de cupru.

Tabelul 10

Indicatori statistici (Ichel)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FCD}= f(Cu_{FS})	y=0,97+0,68x	b=0,68±0,58	0,85±0,73	3,23	2,78
Cu_{FCD}= f(Fe_{FS})	y=1,75+0,0056x	b=0,0056±0,0045	0,82±0,66	3,20	2,57
Cu_{FCD}=f(T)	y=1,78+0,086x	b=0,086±0,068	0,82±0,66	3,20	2,57
Cu_{FS}=f(T)	y=-0,59+0,16x	b=0,16±0,13	0,73±0,61	2,83	2,37
Fe_{FCD}=f(Cu_{FCD})	y=-1,67+1,25x	b=1,25±1,07	0,72±0,62	2,75	2,37
pH=f(T)	y=8,85-0,038x	b=0,038±0,035	-(0,78±0,72)	2,79	2,57
Turbiditate=f(T)	y=423,15+16,8x	b=16,8±14,9	0,79±0,70	2,88	2,57
Fe_{FS}= f(T)	y=49,12+11,0x	b=11,0±9,8	0,75±0,66	2,78	2,45

Despre existenţa echilibrului dintre formele suspendate şi coloidal-dizolvate a cuprului indică dependenţa puternică Cu_{FCD}= f(Cu_{FS}). Toate aceste fapte ne informează despre intensitatea înaltă a proceselor de sorbţie (sorbţia-desorbţia) care posibil au loc în apele râului Ichel cu implicarea metalelor studiate.

Concluzii:

- În apele râului Răut formele coloidal-dizolvate a fierulului şi cuprului preponderent sunt de natura mineralo-organică;
- În apele râului Ichel formele coloidal-dizolvate a fierulului şi cuprului preponderent sunt de natura organică;
- Procesele de oxidare în ambele afluente al Nistrului, probabil, au loc numai prin mecanizme ion-moleculare.

2.3. Influenţa Răutului şi Ichelului asupra legităţilor migrării cuprului şi fierului în Nistru [3,4]

Pe sectorul cercetat al Nisrului în râul se revărsa două afluente Răut şi Ichel. Debitul apei în Răut este aproape în 13 ori mai mare comparativ cu debitul apei în Ichel. Se difere afluente şi pe natura formelor de migrare a metalelor cercetate.

În Răut, în general, predomină forme de migrare a metalelor de natură mineralo-organică. Despre aceasta se indică corelări evaluate Cu_{FCD}=(pH); Cu_{FCD}=(Turbiditate);

Fe_{FCD}=(Turbiditate). Revărsarea aşa tipuri de apă, unde intensiv probabil au loc procese de sorbţie şi sedimenare, în Nistru trebue se aduce la micşorarea formelor coloidal-dizolvate de migrare a cuprului şi fierului, creşterea formelor de migrare suspendate ale metalelor studiate. Datele medii multianuale din tabelele 1(Dubăsari) şi 3(Criuleni) se confirme presupunerea expusă.

În apele afluentului Ichel predomină formele de migrare a metalelor de natură organică, despre aceasta se indică lipsa dependenţilor dintre concentraţia diferitelor forme de migrare a metalelor şi pH, concentraţia diferitelor forme de migrare a metalelor şi turbiditate. În aceeaşi timp sunt evaluate dependenţele care se indică despre caracter sezonier în migrarea fierului şi cuprului: Fe_{FS}=f(T); Cu_{FS}=f(T); Cu_{FCD}=f(T). Apărarea în apele de suprafaţă naturale aşa tip de dependenţe cercetatorii de obicei lamuresc prin influenţa puternică a periodei de vegetare a florei de apă asupra migrarea metalelor.

Anume datorită acestui fapt după revărsarea Ichelului în punctul de prelevare a probelor de apă Vadul-lui-Vodă (Nistru) a fost evaluată aşa dependenţa ca Cu_{FCD}=f(CCO_{Mn}), care clar demonstrează de natura organică a formelor de migrare a cuprului. Fierul, probabil, se acumulează în depunerii de fund, datorită faptului că cantitatea substanţei organice dizolvate în apele Nistrului nu este destul pentru concurarea cu procesele de sorbţie şi sedimentare unde activ se implic formele de migrare a fierului.

Dependenţele evaluate Cu_{FCD}= f(Eh) şi Cu_{FCD}=f(rH_2) dau posibilitate de a presupunem, că în punctul de prelevare a probelor de apă Vadul-lui-Vodă se realizează un canal chimic de autopurificare radicalică a apei naturale cu implicare puternică în acest proces formelor coloidal-dizolvate a cuprului în calitate de catalizatori. Procesul de autopurificare cu radicali liberi împreună cu procesul biologic de autopurificare a apei naturale asigură un nivel satisfacator a bunăstării ecologice a apei Nistrului în punctul de prelevare a probelor Vadul-lui-Vodă. Prezenţa formelor organice de migrare a cuprului în punctul de prelevare a probelor Vadul-lui-Vodă trebuie se asigură creşterea conţinului formelor coloidal-dizolvate a metalului comparativ cu punctul de prelevare a probelor Criuleni. Datele mediile multianuale din tabele 3 şi 5 se confirm presupunerea expusă.

În aşa mod se poate de a constata, că apele Răutului se acordă păstrarea migrării fierului şi cuprului în apele Nistrului în forma mineralo-organică. Apele Ichelului se asigură trecerea formelor de migrare a cuprului în apele Nistrului din forme mineralo-organice la forme organice.

2.4. Distribuirea cuprului (II) şi fierului (III) dintre formele de migrare ale metalelor în apele lacurilor de acumulare Ghidighici şi Danceni[3]

Lacul de acumulare Ghidighici

În Tab.11 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) a probelor de apă din lacul de acumulare Ghidighici.

Tabelul 11

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (lacul de acumulare Ghidighici)

Anii prelevării probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 2.92 µg/l	FS	0.92	0.00 ÷ 2.00	25.76	0.00 ÷ 50.00
		FCD	2.00	2.00 ÷ 2.00	74.24	50.00 ÷ 100.00
	Fier, 113.25 µg/l	FS	112.25	73.00 ÷ 162.50	98.78	97.33 ÷ 100.00
		FCD	1.00	0.00 ÷ 2.00	1.22	0.00 ÷ 2.67
2016	Cupru, 4.13 µg/l	FS	0.96	0.00 ÷ 2.25	26.03	0.00 ÷ 60.00
		FCD	3.17	1.00 ÷ 6.00	73.97	40.00 ÷ 100.00
	Fier, 63.63 µg/l	FS	61.46	10.25 ÷ 229.00	88.59	77.36 ÷ 99.57
		FCD	2.17	1.00 ÷ 3.00	11.41	0.43 ÷ 22.64
2017	Cupru, 4.85 µg/l	FS	1.45	0.00 ÷ 3.00	23.77	0.00 ÷ 42.86
		FCD	3.40	3.00 ÷ 4.00	76.23	57.14 ÷ 100.00
	Fier, 29.40 µg/l	FS	26.80	0.00 ÷ 54.00	72.66	0.00 ÷ 95.74
		FCD	2.60	2.00 ÷ 4.00	27.34	3.57 ÷ 100.00
2018	Cupru, 3.35 µg/l	FS	0.35	0.00 ÷ 1.75	5.19	0.00 ÷ 25.93
		FCD	3.00	1.00 ÷ 5.00	94.81	74.07 ÷ 100.00
	Fier, 49.95 µg/l	FS	48.15	0.00 ÷ 119.25	76.95	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.80	0.00 ÷ 5.00	23.05	0.00 ÷ 100.00
2019	Cupru, 2.05 µg/l	FS	0.45	0.00 ÷ 2.25	8.57	0.00 ÷ 42.86
		FCD	1.60	1.00 ÷ 3.00	91.43	57.14 ÷ 100.00
	Fier, 28.05 µg/l	FS	26.45	0.00 ÷ 65.75	75.43	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.60	0.00 ÷ 3.00	24.57	0.00 ÷ 100.00

2020	Cupru, 1.83 µg/l	FS	0.50	0.00 ÷ 1.50	14.29	0.00 ÷ 42.86
		FCD	1.33	0.00 ÷ 2.00	52.38	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 100.58 µg/l	FS	98.25	26.00 ÷ 203.25	96.15	92.86 ÷ 98.55
		FCD	2.33	2.00 ÷ 3.00	3.85	1.45 ÷ 7.14
2021	Cupru, 1.75 µg/l	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
		FCD	1.75	1.00 ÷ 3.00	100.00	100.00 ÷ 100.00
	Fier, 25.81 µg/l	FS	23.81	0.00 ÷ 49.50	72.12	0.00 ÷ 100.00
		FCD	2.00	0.00 ÷ 3.00	27.88	0.00 ÷ 100.00
2022	Cupru, 1.88 µg/l	FS	0.38	0.00 ÷ 1.50	15.00	0.00 ÷ 60.00
		FCD	1.50	1.00 ÷ 2.00	85.00	40.00 ÷ 100.00
	Fier, 42.13 µg/l	FS	40.63	0.00 ÷ 125.25	69.85	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.50	0.00 ÷ 3.00	30.15	0.00 ÷ 100.00
Mediile multianuale (anii 2015 ÷ 2022)	*Cupru, 2.8±1.0*	*FS*	*0.6±0.4*	*0.0 ÷ 1.8*	*14.8±8.2*	*0.0 ÷ 40.6*
		FCD	*2.2±0.7*	*1.3 ÷ 3.4*	*81.0±12.7*	*52.3 ÷ 100.0*
	Fier, 56.6±28.2	*FS*	*54.7±28.4*	*13.7 ÷ 126.1*	*81.3±9.6*	*33.4 ÷ 99.2*
		FCD	*1.9±0.4*	*0.6 ÷ 3.3*	*18.7±9.6*	*0.7 ÷ 66.6*

Analizând mediile multianuale din Tab.11 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului rar a ajuns 66.6 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate nu au depăşit 40.6 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

În rezultatul modelării statistice au fost obţinute 5 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab.12.

După cum urmează din Tab.12 corelarea Cu_{FS}= f(T) se oglindă caracter sezonier în migrarea formelor suspendate a cuprului. Turbiditatea probelor de apă în lacul de acumulare Ghidighici se determine nu numai prin prezenţa formelor suspendate a fierului (Fe_{FS}=f(Turbiditate)), dar şi prin prezenţa formelor coloidal-dizolvate a metalului (Fe_{FCD}=f(Turbiditate)).

Tabelul 12

Indicatori statistici (Lacul de acumulare Ghidighici)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FS}= f(T)	y=-0,79+0,099x	b=0,099±0,073	0,8±0,6	3,39	2,45
Fe_{FCD}= f(Eh)	y=5,44-0,013x	b=0,013±0,011	0,8±0,6	3,06	2,45
Fe_{FCD}= f (Turbiditate)	y=2,61-0,0031x	b=0,0031±0,0030	0,72±0,70	2,54	2,45
Fe_{FS}=f(Turbiditate)	y=8,22+0,30x	b=0,30±0,15	0,90±0,44	5,06	2,45
pH=f(T)	y=8,49+0,047x	b=0,047±0,045	0,82±0,80	2,87	2,78

Dependenţa Fe_{FCD}= f(Eh) dă posibilitate de a presupunem, că în apele lacului de acumulare Ghidighici se realizează un canal de autopurificare radicalică a apei naturale cu implicare puternică în acest proces formelor coloidal-dizolvate a fierului.

Lacul de acumulare Danceni[6]

În Tab.13 sunt aduse concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) a probelor de apă din lacul de acumulare Danceni.

Tabelul 13

Concentraţii medii anuale şi multianuale ale diferitelor forme de migrare a Cu(II) şi Fe(III) (lacul de acumulare Danceni)

Anii prelevării Probelor	*Metal, concentraţia totală medie, µg/l*	*Formele de migrare a metalului*	*Concentraţia metalului, µg/l*		*Procent de la concentraţia totală , %*	
			Medie	*Diapazon*	*Medie*	*Diapazon*
2015	Cupru, 4.22 µg/l	FS	1.97	0.00 ÷ 5.13	34.80	0.00 ÷ 71.95
		FCD	2.25	2.00 ÷ 3.00	65.20	28.05 ÷ 100.00
	Fier, 133.34 µg/l	FS	131.59	65.00 ÷ 214.10	98.71	97.72 ÷ 100.00
		FCD	1.75	0.00 ÷ 3.00	1.29	0.00 ÷ 2.28
2016	Cupru, 2.96 µg/l	FS	0.63	0.00 ÷ 2.25	20.09	0.00 ÷ 52.94
		FCD	2.33	1.00 ÷ 4.00	79.91	47.06 ÷ 100.00

	Fier, 95.42 µg/l	FS	91.25	13.00 ÷ 268.50	90.33	56.52 ÷ 100.00
		FCD	4.17	0.00 ÷ 10.00	9.67	0.00 ÷ 43.48
2017	Cupru, 5.10 µg/l	FS	0.90	0.00 ÷ 3.00	12.95	0.00 ÷ 37.50
		FCD	4.20	3.00 ÷ 5.00	87.05	62.50 ÷ 100.00
	Fier, 47.30 µg/l	FS	44.10	19.75 ÷ 55.50	93.07	87.44 ÷ 100.00
		FCD	3.20	0.00 ÷ 7.00	6.93	0.00 ÷ 12.56
2018	Cupru, 3.00 µg/l	FS	0.00	0.00 ÷ 0.00	0.00	0.00 ÷ 0.00
		FCD	3.00	1.00 ÷ 6.00	100.00	100.00 ÷ 100.00
	Fier, 48.15 µg/l	FS	46.95	0.00 ÷ 95.25	78.74	0.00 ÷ 100.00
		FCD	1.20	0.00 ÷ 4.00	21.26	0.00 ÷ 100.00
2019	Cupru, 2.70 µg/l	FS	0.70	0.00 ÷ 2.50	19.76	0.00 ÷ 45.45
		FCD	2.00	1.00 ÷ 3.00	80.24	54.55 ÷ 100.00
	Fier, 59.80 µg/l	FS	59.00	27.50 ÷ 106.00	98.36	96.49 ÷ 100.00
		FCD	0.80	0.00 ÷ 2.00	1.64	0.00 ÷ 3.51
2020	Cupru, 2.25 µg/l	FS	0.92	0.00 ÷ 2.75	19.30	0.00 ÷ 57.89
		FCD	1.33	1.00 ÷ 2.00	80.70	42.11 ÷ 100.00
	Fier, 121.41 µg/l	FS	118.08	100.25 ÷ 146.00	97.31	95.58 ÷ 99.01
		FCD	3.33	1.00 ÷ 5.00	2.69	0.99 ÷ 4.42
2021	Cupru, 2.13 µg/l	FS	0.63	0.00 ÷ 1.75	22.38	0.00 ÷ 46.67
		FCD	1.50	0.00 ÷ 3.00	52.62	0.00 ÷ 100.00
	Fier, 24.00 µg/l	FS	21.00	7.75 ÷ 40.50	84.93	71.83 ÷ 100.00
		FCD	3.00	0.00 ÷ 6.00	15.07	0.00 ÷ 28.17
2022	Cupru, 1.88 µg/l	FS	0.38	0.00 ÷ 1.50	15.00	0.00 ÷ 60.00
		FCD	1.50	1.00 ÷ 3.00	85.00	40.00 ÷ 100.00
	Fier, 20.44 µg/l	FS	17.69	0.00 ÷ 37.75	68.71	0.00 ÷ 94.52
		FCD	2.75	1.00 ÷ 6.00	31.29	5.48 ÷ 100.00

Mediile multianuale (anii 2015 ÷ 2019)	*Cupru, 3.0±0.9*	*FS*	*0.8±0.5*	*0.0 ÷ 2.4*	*18.0±8.2*	*0.0 ÷ 46.6*
		FCD	*2.3±0.8*	*1.3 ÷ 3.6*	*78.8±12.0*	*46.8 ÷ 100.0*
	Fier, 68.7±36.0	*FS*	*66.2±36.0*	*29.2 ÷ 120.5*	*88.8±9.0*	*63.2 ÷ 99.2*
		FCD	*2.5±1.0*	*0.3 ÷ 5.4*	*11.2±9.0*	*0.8 ÷ 36.8*

Analizând mediile multianuale din Tab.13 se poate constata că:

1) fierul a migrat în cea mai mare parte sub forma suspendată, forme coloidal-dizolvate a metalului rar a ajuns 36.8 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă;

2) cupru a migrat în cea mai mare parte sub forma coloidal-dizolvată, forme suspendate rar a ajuns 46.6 % de la conţinutului total al metalului în proba de apă.

În rezultatul modelării statistice au fost obţinute 5 dependenţe puternice şi veridice, acestea fiind prezentate în Tab.14.

Tabelul 14

Indicatori statistici (Lacul de acumulare Danceni)

Corelarea	*Ecuaţia*	*b*	*r*	t_r	t_{05}
Cu_{FS}= f(T)	y=2,26-0,082x	b=0,082±0,076	0,74±0,70	2,68	2,45
Fe_{FCD}= f(rH_2)	y=38,90-1,22x	b=1,22±1,19	0,76±0,75	2,61	2,57
Fe_{FS}= f (Turbiditate)	y=-28,16 +0,45x	b=0,45±0,29	0,9±0,6	3,95	2,57
Cu_{FS}=f(Turbiditate)	y=-1,66+0,0101x	b=0,0101±0,0098	0,76±0,75	2,61	2,57
pH=f(T)	y=8,77+0,039x	b=0,039±0,030	0,9±0,7	3,71	2,78

După cum urmează din Tab.14 corelarea Cu_{FS}= f(T) se oglindă caracter sezonier în migrarea formelor suspendate a cuprului. Turbiditatea probelor de apă în lacul de acumulare Danceni se determine nu numai prin prezenţa formelor suspendate a fierului (Fe_{FS}=f(Turbiditate)), dar şi prin prezenţa formelor suspendate a cuprului (Cu_{FS}=f(Turbiditate)). Dependenţa Fe_{FCD}= f(rH_2) dă posibilitate de a presupunem, că în apele lacului de acumulare Danceni se realizează un canal de autopurificare radicalică a apei naturale cu implicare puternică în acest proces formelor coloidal-dizolvate a fierului.

Concluzii:

- În apele ambelor lacurilor de acumulare formele coloidal-dizolvate a fierului şi cuprului preponderent sunt de natura organică;
- Formele coloidal-dizolvate a fierului sunt mai activi în procese radicalice de autopurificale a apei naturale comparativ cu formele coloidal-dizolvate a cuprului.

CONCLUZII GENERALE

- În apele bazinului Nistrului de Jos fierul migrează, preponderent în forme susendate. În cazul cuprului au prevalat formele coloidal-dizolvate;
- În cursul fluviului Nistru pe segmentul cercetat se schimbă natura formelor de migrare a fierului și cuprului de la mineralo-organică la organică;
- În apele Nistrului formele coloidal-dizolvate a cuprului sunt mai activi în procese radicalice de autopurificale a apei naturale comparativ cu formele coloidal-dizolvate a fierului;
- În apele râului Răut formele coloidal-dizolvate a fierului şi cuprului preponderent sunt de natura mineralo-organică;
- În apele râului Ichel formele coloidal-dizolvate a fierului şi cuprului preponderent sunt de natura organică;
- În apele lacurilor de acumulare Danceni şi Ghidighici formele coloidal-dizolvate a fierului sunt mai activi în procese radicalice de autopurificale a apei naturale comparativ cu formele coloidal-dizolvate a cuprului;
- Concentrațiile de fier şi cupru determinate în apele bazinului Nistrului de Jos se încadrează în concentraţii limite admisibile igienice.

NOTA DE APRECIERE

Această lucrare a fost realizată în cadrul proiectului național de cercetare **Nr. 20.80009.5007.27** „Mecanisme fizico-chimice ale proceselor redox cu transfer de electroni implicate în sistemele vitale, tehnologice și de mediu”.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. БОРОДАЕВ, Р.; ГОРОДИШТЯНУ, Т. Приблизительная оценка накопления меди и железа на участке нижнего днестра. В: «*Евроинтеграция и управление бассейном Днестра»* - Материалы международной конференции, Кишинёв, 8-9 октября 2020г. Кишинёв: Eco-TIRAS, 2020, 30-33.
2. BORODAEV, R. Peculiarities of the accumulation of iron and copper in the dniester river. In: *The 7th International Conference: "Ecological and Environmental*

Chemistry-2022", March 3-4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova EEC-2022 Abstract Book, 2022, 1, 113. DOI: 10.19261/eec.2022.v1

3. BORODAEV, R. On the mechanism of chemical self-purification of various water systems of the lower dniester basin. In: *The National Conference with international participation" Life sciences in the dialogue of generations: Connections between Universities, Academia and Business Community",* September 29-30, 2022: Abstract Book, p. 157. http://agarm.md/wp-content/uploads/2022/10/Culegerea_22.09.pdf
4. БОРОДАЕВ, Р. Химия металлов природных вод сквозь призму корреляционного и регрессионного анализа 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, 2022, 39-42. https://eco-tiras.org/docs/Nistru_Conferinta_2022_10%20oct.pdf
5. БОРОДАЕВ, Р. Динамика Аккумулирования Металлов Переменной Валентности На Участке Реки Днестр In: *Integrare prin cercetare şi inovare. Conferinţa ştiinţifică naţională cu participare internaţională dedicată Zilei internaționale a Științei pentru Pace și Dezvoltare,*10-11 noiembrie 2022. Ştiinţe ale naturii şi exacte, Chişinău, CEP USM, 2022, 188-190. conf_I_2022.pdf (usm.md)
6. BORODAEV, R.; BUNDUCHI, E.; GLADCHI, V.; BLONSCHI, V. About the pollution and self-purification processes of the water of the danceni reservoir in: environmental engineering and management. *Conferinţă internaţională (12; 2023; Iasi, Romania) Proceedings of the 12 th International Conference on Environmental Engineering and Management: Circular Economy and Sustainability Conference* Abstracts Book : 13 - 16 of September 2023, Iasi, Romania, 241-242.