
Sedos ežero dugno nuosėdų mikroelementinės sudėties ypatumai (ŠV Lietuva)

**Valentinas Kadūnas,
Ričardas Budavičius,
Alfredas Radzevičius**

Kadūnas V., Budavičius R., Radzevičius A. Peculiarities of microelement composition of bottom sediments in Lake Seda (NW Lithuania). *Geologija*. Vilnius. 2001. No. 33. P. 10–17. ISSN 1392–110X.

Sedimentation in Lake Seda is going on both in natural conditions and under technogenous impact. In comparison with other technogenically polluted Lithuanian lakes, the content of vanadium is highest in it. Heavy metals Pb, Cu, Zn, Ag in Lake Seda sediments are accumulating in the upper layer. Migration of these elements to deeper layers is not significant and has no influence on the quality of sapropel.

Keywords: lake bottom sediments, sapropel, heavy metals, microelement associations

Received 13 February 2001, accepted 20 February 2001.

Valentinas Kadūnas, Ričardas Budavičius, Alfredas Radzevičius. Institute of Geology, T. Ševčenkos 13, LT-2600 Vilnius, Lithuania

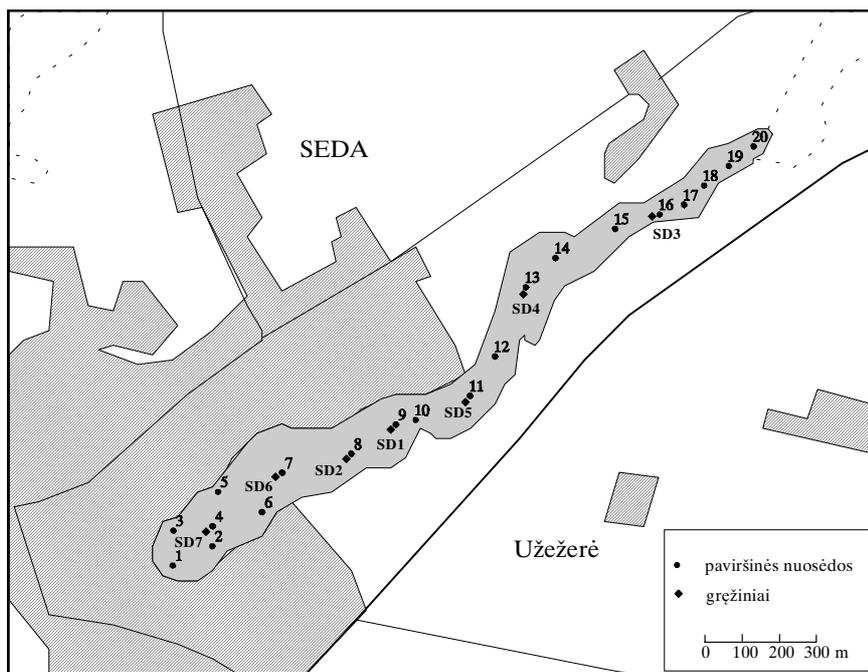
IVADAS

Ežerai yra šiuolaikinės sedimentacijos baseinai ir kartu svarbūs rekreacijai gamtinės aplinkos objektai. Vienas tokių yra Sedos (Sedulos) ežeras, kuriame sedimentacija vyksta gamtinėse ir technogeninio poveikio sąlygose, nes jo vakariniame krante išsikūręs Sedos miestelis. Ežero plotas – 33 ha, didžiausias gylis – 3,7 m. Tai tipiškas rininis ežeras, susidaręs tirpstančio ledyno vandens išgraužtos PV ir ŠR krypties griovos giliausioje dalyje. Pietvakariniai ir šiauriniai krantai žemi ir pelkėti, kiti – aukštoki ir sausi. Iš ežero išteka Sedulos upelis (Varduvo intakas). Ežeras yra eutrofinio tipo ir pastaraisiais metais pradėjo sparčiai užaugti vandens augalija, ypač PV ir ŠR ežero dalys. Ežero dugne sparčiai formuojasi organinė medžiaga praturtintos nuosėdos (sapropelis). Jų tyrimas leidžia įvertinti antropogeninės taršos įtaką dumblo mikroelementinei sudėčiai, nustatyti cheminių elementų pasiskirstymą nuosėdų vertikaliame pjūvyje ir įvertinti elementų-teršalų migraciją į gilesnius nuosėdų sluoksnius. Šie duomenys svarbūs technogeniškai teršiamų šalies ežerų lyginamajai charakteristikai. Kadangi ežeras yra rekreacinis objektas, todėl dugno nuosėdų tyrimai reikšmingi ir praktiniu požiūriu, nes padeda nustatyti dumblo kokybę ir ežero valymo galimybes.

METODIKA

Ežero dugno nuosėdų paviršiaus (iki 20–30 cm gylio) mėginiai (20) buvo paimti žiauniniu semtuvu. Iš gilesnio nuosėdų sluoksnio (iki 7,2 m) mėginiai (27) paimti panaudojus durpinį grąžtą (išgręžti 7 gręžiniai) (1 pav.). Organinė medžiaga mineralizuota 450°C temperatūroje. Dumblo mėginių pelenai buvo analizuoti optinės spektrinės emisinės analizės metodu panaudojant spektrografą DFS-13, o spektro linijos šifruotos mikrodensitometru DM-100. Spektrinės analizės rezultatų kontrolei naudoti tarptautiniai standartiniai mėginiai OOKO 153 (SP-2) ir OOKO 151 (SP-3).

Geocheminių duomenų analizei bei mikroelementų pasiskirstymo parametrų įvertinti pasitelktas statistinis paketas STATISTIKA. Elementų asociacijos išskirtos pagal jų tarpusavio koreliacinių ryšių matricą bei išrūšiuotą faktorių apkrovų matricą, kuri gauta pagrindinių komponentų metodu ir pasukta varimaksu metodu. Cheminių elementų koncentracijos koeficientai paviršinėse dugno nuosėdose apskaičiuoti dalijant atskiruose mėginiuose nustatytą elemento kiekį iš jo foninio kiekio Lietuvos ežerų dugno nuosėdose, turinčiose panašų organinės medžiagos kiekį (KN = 30–40%) (Budavičius, Kadūnas, 1999). Charakterizuojant mikroelementų pasiskirsty-



1 pav. Dugno nuosėdų mėginių ėmimo vietas Sedos ežere
Fig. 1. Map of bottom sediment sampling sites in Lake Seda

mą, jie grupuoti į asociacijas pagal elementų būvio dugno nuosėdose vyraujančią formą. Elementai, susiję su pagrindiniais nuosėdų alotigeniniais mineralais, priskirti *alotigeninei asociacijai*, susiję su atspariais dūlėjimui akcesoriniais mineralais – *akcesorinei-alotigeninei asociacijai*, sorbuoti organinės medžiagos ir smulkiadispersinių mineralų – *technogeninei-biogeninei*, karbonatų mineralų – *karbonatinei*, susiję su hidroksidais – *hidroksidų*. Pastarosios dvi asociacijos gali būti sujungiamos į *autigeninę* asociaciją. Dugno nuosėdų užterštumo laipsnis (kategorija) bei užterštumo pavojingumas buvo vertintas pagal suminio užterštumo rodiklį (Jatulienė ir kt., 1997) ir pagal nuotėkų dumblo naudojimo normą (LAND 20–96). Suminis užterštumo rodiklis (Zd) apskaičiuotas sumuojant elementų-teršalų koncentracijos koeficientus. Į šią grupę buvo įtraukti I–III pavojingumo klasės elementai pagal jų koncentracijos koeficientus (kurių Kk > 1,5 buvo ne mažiau kaip 20% mėginių) ir atsižvelgiant į faktorinės analizės duomenis. Anomaliniais priskirti kiekiai, viršijantys vidurkio ir dviejų standartinių nuokrypių sumą.

CHEMINIŲ ELEMENTŲ PASISKIRSTYMAS IR JŲ ASOCIACIJOS PAVIRŠINĖSE EŽERO DUGNO NUOSĖDOSE

Paviršinėse Sedos ežero dugno nuosėdose organinės medžiagos kiekis kinta nuo 30,7 iki 37,2% (vidurkis – 35,2%). Visame ežero plote organinė medžiaga nuosėdose pasiskirsčiusi tolygiai (variacijos koeficientas sudaro tik 6,2%) (1 lentelė). Kiek mažesnis jos kiekis yra cen-

trinės ežero dalies nuosėdose (vidurkis – 32,3%). Pagal organinės medžiagos kiekį šios nuosėdos yra autochtoninio tipo organinės-mineralinės klasės vandens augalų karbonatingas sapropelis (kai organinės medžiagos kiekis >35% ir CaO 8–30%) ir mišraus tipo organinės-klastinės klasės vandens augalų molingas sapropelis (organinės medžiagos kiekis 35–15%, CaO kiekis <8%) (Стеклов, Ильина, 1976). Nuo organinės medžiagos ir karbonatų kiekio (CaCO₃ = 2,5–27,2, o vidurkis 19%) daugiausia priklauso nuosėdų rūgštinės-šarminės sąlygos. Jos taip pat gana vienodos (pH = 6,8–7), t. y. silpnai rūgščios, būdingos šiai sedimentacinei aplinkai ir kituose tokio tipo ežeruose (Garunkštis, Stanaitis, 1969). Tai palankios daugelio cheminių elementų migracijos sąlygos.

Cheminių elementų pasiskirstymo ežero dugno nuosėdose ypatumus parodo jų kiekio palyginimas su tų pačių elementų foniniu kiekiu visų Lietuvos ežerų dugno nuosėdose, turinčiose panašų organinės medžiagos kiekį (KN = 30–40%) (1 lentelė).

Alotigeninės asociacijos mikroelementai pagal kaupimąsi (koncentracijos koeficientų vidurkius) sudaro tokią eilę: Li>B>Co>Sc>Ga>Cr>Ni. Šių elementų kiekis viršija foninį nuo 1,71 (Li) iki 1,17 (Ni) ir rodo padidėjusį nuosėdų molingumą. Tai patvirtina ir daugelio jų didesnis kiekis ežero nuosėdose nei apylinkių dirvožemyje (2 lentelė). Alotigeninės asociacijos elementai nuosėdose pasiskirstę gana tolygiai – variacijos koeficientas kinta nuo 13,7 (Cr) iki 22,2% (Sc) (1 lentelė).

Akcesorinės-alotigeninės asociacijos elementai pagal kaupimąsi sudaro tokią seką: Zr>Ti>Y>Yb. Šių elementų kiekis viršija foninį nuo 2,1 (Zr) iki 1,28 (Yb) karto. Jie nuosėdose pasiskirstę taip pat tolygiai – variacijos koeficientas kinta nuo 14,5 (Ti) iki 25,4% (Y) (1 lentelė). Akcesorinės-alotigeninės asociacijos elementai nesikaupia ežero dugno nuosėdose, todėl beveik visų jų kiekis nuosėdose mažesnis nei ežero baseino dirvožemyje (2 lentelė).

Karbonatinės asociacijos elementų (Sr, Ba ir iš dalies La) kiekis yra nedidelis (koncentracijos koeficientai <1) ir mažesnis nei apylinkių dirvožemyje (2 lentelė).

Technogeninės-biogeninės asociacijos elementai, kurių kiekio padidėjimas ežero dugno nuosėdose sietinas su antropogenu tarša, sudaro tokią seką: Pb>V>Cu>Ag>Zn. Šių elementų kiekiai viršija

1 lentelė. Mikroelementų pasiskirstymas Sedos ežero paviršinėse dugno nuosėdose
Table 1. Microelement distribution in the surfacial layer in Lake Seda bottom sediments

	Mikroelementų kiekis ppm / Microelement values, ppm												
	KN	Ag	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	La	Li	Mn	Mo	Nb
Min	30,7	0,08	39,4	160	5,9	29,4	14,3	4,4	10,2	12,0	679	0,76	3,8
Max	37,2	0,30	64,2	365	10,4	48,0	19,5	7,8	22,2	26,1	1220	1,37	7,6
X	34,6	0,15	52,0	272	8,2	37,7	17,0	5,6	15,4	19,0	953	1,00	5,5
Md	35,2	0,14	52,1	281	8,1	37,2	17,0	5,4	16,2	18,9	950	0,96	5,4
S	2,2	0,06	7,6	57,0	1,2	5,1	1,5	0,8	3,3	2,9	171	0,17	1,2
V (%)	6,2	37,6	14,5	21,0	14,8	13,7	9,0	15,1	21,3	15,4	17,9	17,1	22,2
X+2S		0,26	67,2	386	10,6	47,9	20,0	7,3	22,0	24,9	1296	1,34	8,0
Md*	36,1	0,10	30,6	314	5,1	28,2	10,5	4,3	21,0	11,0	687	1,25	6,8
	Koncentracijos koeficientai / Concentration coefficients												
		Ag	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	La	Li	Mn	Mo	Nb
Min		0,8	1,3	0,5	1,1	1,0	1,4	1,0	0,5	1,1	1,0	0,6	0,6
Max		3,1	2,1	1,2	2,0	1,7	1,9	1,8	1,1	2,4	1,8	1,1	1,1
Md		1,44	1,70	0,90	1,58	1,32	1,63	1,28	0,77	1,71	1,38	0,77	0,80
	Mikroelementų kiekis ppm / Microelement values, ppm												
	KN	Ni	P	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Y	Yb	Zn	Zr
Min	30,7	8,0	429	29,3	7,0	1,8	56,7	1728	34,3	12,7	1,1	42,3	173
Max	37,2	25,6	3880	78,2	14,6	3,9	107,0	3410	61,9	32,9	2,4	149,8	334
X	34,6	17,4	837	45,2	9,0	2,4	72,3	2590	48,3	20,1	1,7	88,5	234
Md	35,2	17,0	697	42,0	8,7	2,3	70,5	2535	49,9	19,7	1,6	84,3	228
S	2,2	3,6	729	12,8	2,0	0,5	13,7	374	7,9	5,1	0,3	28,9	51,8
V (%)	6,2	20,8	87,1	28,4	22,2	19,3	19,0	14,5	16,4	25,4	20,5	32,7	22,1
X+2S		24,6	2295	70,9	13,0	3,4	99,7	3339	64,1	30,3	2,4	146,4	338
Md*	36,1	14,5		21,1	5,9	2,9	88,5	1422	30,0	14,0	1,3	67,0	110
	Koncentracijos koeficientai / Concentration coefficients												
		Ni	P	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Y	Yb	Zn	Zr
Min		0,6	0,6	1,4	1,2	0,6	0,6	1,2	1,1	0,9	0,8	0,6	1,6
Max		1,8	5,6	3,7	2,4	1,4	1,2	2,4	2,1	2,3	1,9	2,2	3,0
Md		1,17	1,00	1,99	1,47	0,80	0,80	1,78	1,66	1,41	1,28	1,26	2,08

Kiekis: Min – minimalus, Max – maksimalus, Md – medianinis, X – vidurkis, KN – kaitinimo nuostolis %, S – standartinis nuokrypis, V – variacijos koeficientas %, Md* – medianinis kiekis Lietuvos ežerų dugno nuosėdose, kai KN – 30–40%.

Values: Min – minimum, Max – maximum, Md – median, X – average, KN – weight loss on ignition, %, S – standard deviation, V – coefficient of variation %, Md* – median values of bottom sediments of Lithuanian lakes with KN 30–40%

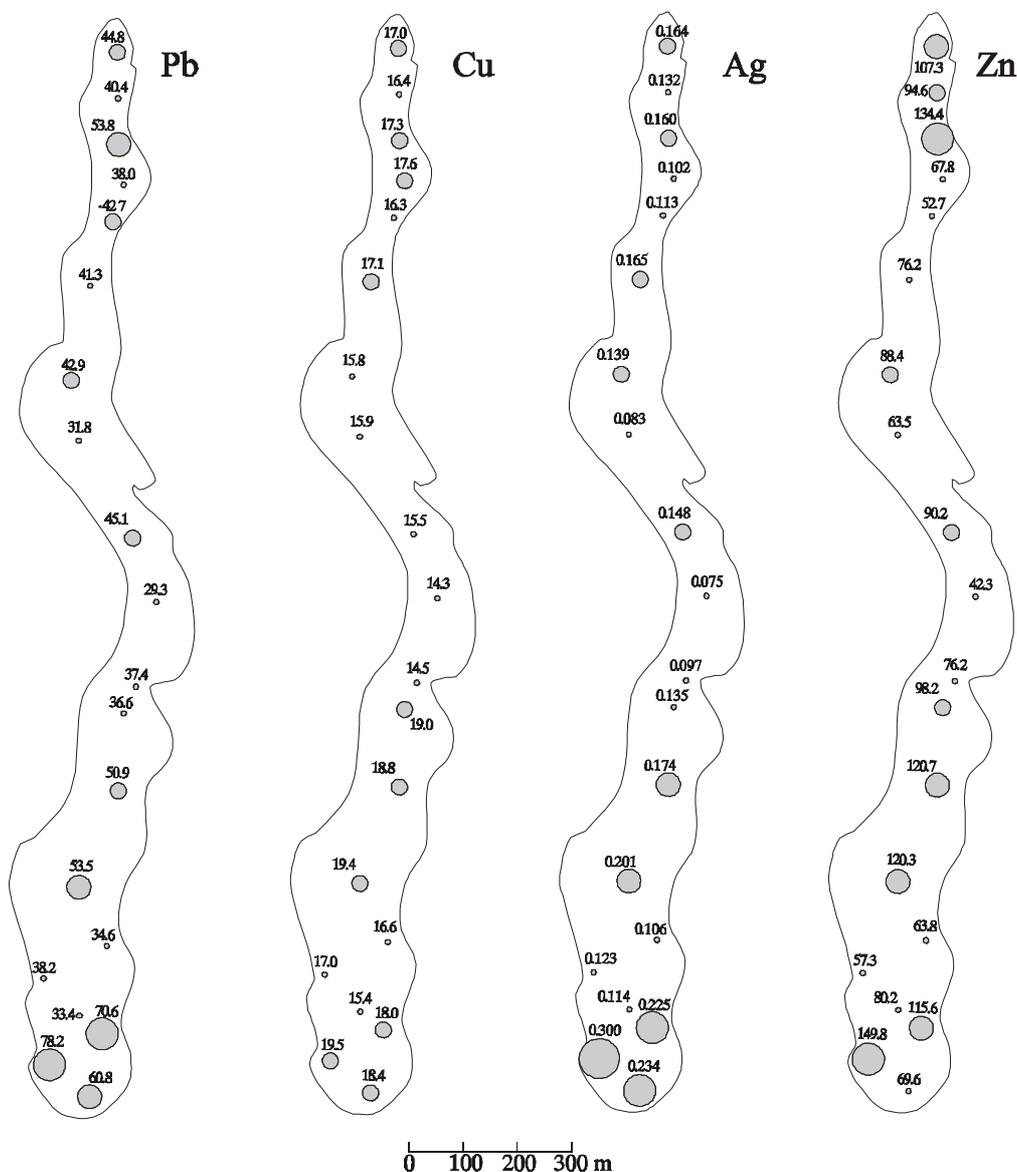
foninius nuo 1,99 (Pb) iki 1,26 (Zn). Jie nuosėdose pasiskirstę mažiau tolygiai – variacijos koeficientas kinta nuo 8,99 (Cu) iki 37,6% (Ag) (1 lentelė). Toks netolygus pasiskirstymas ir tai, kad daugelio šių elementų kiekis ežero dugno nuosėdose gerokai didesnis nei ežero baseino dirvožemyje, ypač Pb, Zn ir Ag (2 lentelė), yra jų technogeninės kilmės rodiklis. Šios technogeninės-biogeninės asociacijos elementų padidėjęs kiekis nustatytas PV ir ŠR ežero dalyse, kur nuosėdose taip pat yra daugiau organinės medžiagos (2 pav.). Daugiausiai anomalijų kiekių nustatyta PV ežero dalyje, besiribojančioje su Sedos miesteliu: Ag (0,3 ppm), Mo

(1,37 ppm), Pb (78,2 ppm), Zn (149,8 ppm). Dėl šioje ežero dalyje vykstančio pelkėjimo proceso nuosėdose pagausėja Mn. Sedos ežero dugno nuosėdose, lyginant su kitais technogeniškai teršiamais Lietuvos ežerais, yra mažai Pb, Cu, Zn, Ag ir Sn (3 lentelė). Tuo tarpu vanadžio kiekis yra didelis. Daugiau šio elemento rasta tik Galvės ir Bernardinų ežerų dugno nuosėdose (Trakų miestas). Tai gali būti siejama su regionine vanadžio sklaida dėl AB „Mažeikių nafta“ veiklos, dėl kurios ŠV Lietuvos dalyje ir kituose gamtinės aplinkos komponentuose (dirvožemyje, upių dugno nuosėdose) yra padidėjęs V kiekis (Kadūnas ir kt., 1999).

2 lentelė. Mikroelementų medianinis kiekis Sedos ežero paviršinėse dugno nuosėdose (N) ir jo baseino dirvožemiuose (D) ppm

Table 2. Microelement median values in Lake Seda surficial sediments (N) and in the soil of its catchment basin (D), ppm

	Ag	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	La	Li	Mn	Mo	Nb
Dirvožemis (D)	0,056	27,5	360	5,4	37,1	9,7	6,6	21,2	14,1	365	0,72	10,8
Soil (D)												
Ežero nuosėdos (N)	0,14	52,1	281	8,1	37,2	17,0	5,4	16,2	18,9	950	0,96	5,4
Lake sediments (N)												
N/D	2,46	1,90	0,78	1,50	1,00	1,76	0,83	0,76	1,34	2,60	1,33	0,50
	Ni	P	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Y	Yb	Zn	Zr
Dirvožemis (D)	14,3	467	11,8	6,1	1,8	81,9	2689	41,3	17,9	2,3	26,5	285
Soil (D)												
Ežero nuosėdos (N)	17,0	697	42,0	8,7	2,3	70,5	2535	49,9	19,7	1,6	84,3	228
Lake sediments (N)												
N/D	1,19	1,49	3,54	1,43	1,25	0,86	0,94	1,21	1,10	0,70	3,18	0,80



2 pav. Pb, Cu, Ag ir Zn pasiskirstymas Sedos ežero paviršinėse dugno nuosėdose

Fig. 2. Distribution of Pb, Cu, Ag ir Zn in the surficial layer Lake Seda bottom sediments

3.lentelė. Mikroelementų kiekis kai kurių technogeniškai teršiamų Lietuvos ežerų dugno nuosėdose ppm Table 3. Microelement values in bottom sediments of technogenically polluted Lithuanian lakes, ppm												
Miestas / Town Ežeras / Lake	KN	Ag	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sn	V	Zn
Seda												
Seda	35,2	0,137	8,1	37,2	17,0	950	0,96	17,0	42,0	2,29	49,9	84,3
Trakai												
Totoriškių	22,4	0,256	5,7	21,0	23,6	2043	2,20	11,6	59,0	5,43	15,5	175
Galvė	37,7	0,234	8,5	55,5	21,8	442	2,21	26,4	90,8	6,23	61,6	140
Babrukas	38,0	2,802	5,9	38,2	21,1	513	3,36	20,5	84,6	4,28	33,2	158
Bernardinų	33,6	0,356	8,1	54,6	30,5	546	2,30	27,1	98,4	9,92	53,2	191
Utena												
Lydekis	25,3	3,256	5,2	44,9	74,0	829	2,5	18,5	16,5	3,30	35,7	262
Šiauliai												
Talkša	29,5	1,029	6,1	814,0	35,2	773,1	2,1	52,6	50,1	5,2	19,8	203

KN – kaitinimo nuostolis %.
KN – weight loss on ignition, %.

Sedos ežero paviršinėse dugno nuosėdose faktoriškos analizės pagalba išsiskiria trys pagrindinės mikroelementų grupės. Pirmoje grupėje, formuojančioje I faktoriaus krūvius, vyrauja akcesorinės-alotigeninės asociacijos elementai (Yb–Ti–Y–Zr), prie kurių iš alotigeninės asociacijos prisijungia Ga ir Sc. Antra grupė (Ni–V–Zn–B–Nb) yra mišri, sudaryta iš technogeninių-biogeninių Zn, V ir B, prie kurių prisijungia alotigeninės asociacijos Ni ir akcesorinės-alotigeninės Nb. Trečioje grupėje (Ag–Cu–Mo–Pb–Sn–Li ir iš dalies Zn) daugiausiai yra technogeninės-biogeninės asociacijos elementų. Autigeninės asociacijos ele-

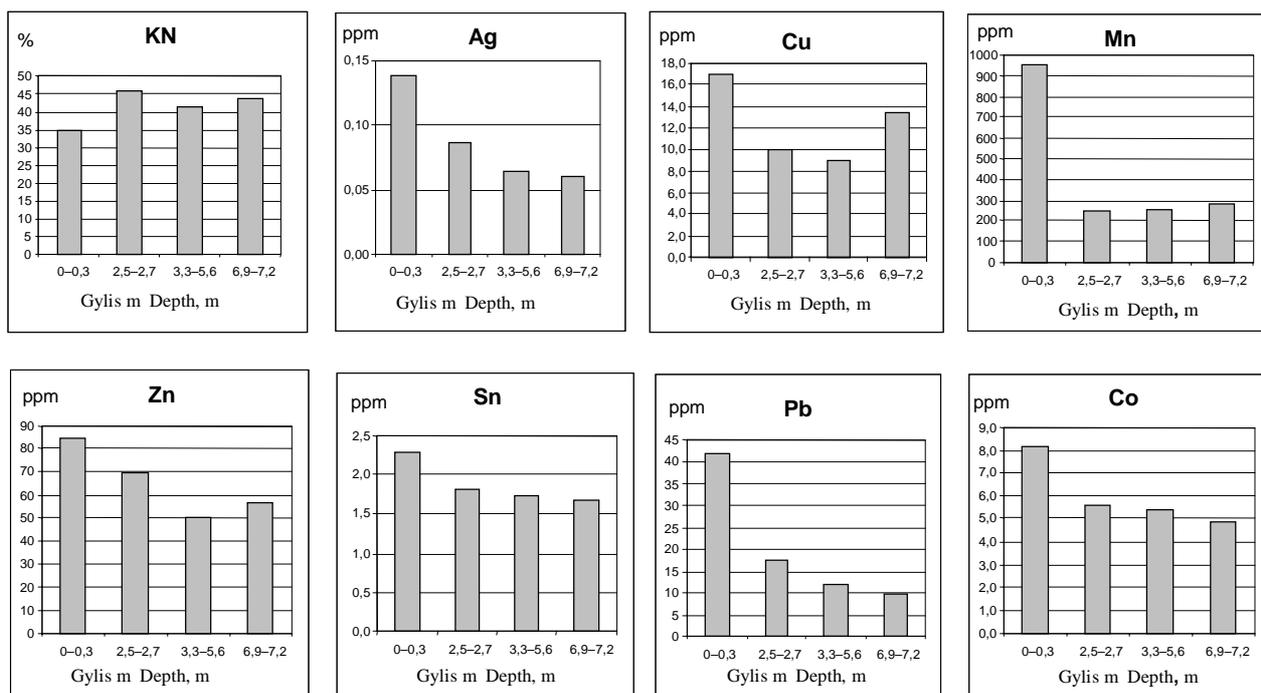
mentai (Sr, Mn, P) formuoja mažiau svarbių (IV–V) faktorių krūvius. Dauguma elementų, kurių kiekis dėl taršos yra padidėjęs, patenka į trečią grupę ir tai rodo, kad taršos įtaka mikroelementinei nuosėdų sudėčiai yra nedidelė.

MIKROELEMENTAI SAPROPELIO SLUOKSNIO VERTIKALIAME PJŪVYJE

Ežero nuosėdų sluoksnyje organinės medžiagos kiekis pasiskirstęs netolygiai (siekia iki 50,5%, vidurkis 44,2%) (4 lentelė, 3 pav.). Tai leidžia sapropelio

4 lentelė. Mikroelementų medianinis kiekis Sedos ežero sapropelyje ppm Table 4. Microelement median values in Lake Seda sapropel, ppm													
H (m)	KN	Ag	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	La	Li	Mo	Mo	Nb
0,0–0,3	35,2	0,137	52,1	281	8,1	37,2	17,0	5,4	16,2	18,9	950	0,96	5,4
2,5–2,7	46,0	0,086	48,6	243	5,6	36,2	10,1	4,7	16,8	14,5	247	1,20	6,2
3,3–5,6	41,4	0,064	40,6	270	5,4	34,4	9,0	4,9	15,6	12,6	255	1,13	4,4
6,9–7,2	43,6	0,060	39,7	227	4,9	32,1	13,5	4,9	16,2	11,6	280	1,14	4,6
2,5–7,2	44,2	0,065	41,2	243	5,4	33,8	10,1	4,9	16,2	12,4	264	1,15	5,0
Kk	0,80	2,12	1,26	1,16	1,52	1,10	1,69	1,12	1,00	1,52	3,60	0,83	1,08
H (m)	KN	Ni	P	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	Y	Yb	Zn	Zr
0,0–0,3	35,2	17,0	697	42,0	8,7	2,29	70,5	2535	49,9	19,7	1,6	84,3	228
2,5–2,7	46,0	15,9	517	17,6	5,7	1,81	61,7	1810	40,6	16,3	1,8	69,8	151
3,3–5,6	41,4	14,1	412	11,8	6,6	1,74	83,2	2156	39,2	21,1	2,1	50,0	210
6,9–7,2	43,6	15,8	540	9,7	6,4	1,68	62,9	2190	39,3	18,2	1,7	57,0	149
2,5–7,2	44,2	15,5	517	10,7	6,4	1,74	62,9	2156	39,3	17,1	1,8	58,6	151
Kk	0,80	1,09	1,35	3,94	1,36	1,32	1,12	1,18	1,27	1,15	0,92	1,44	1,50

KN – kaitinimo nuostolis %, H – gylis nuo nuosėdų paviršiaus m, Kk – koncentracijos koeficientas, apskaičiuotas lyginant elementų kieki paviršinėse (0,0–0,3 m) ir giliau slūgsančiose (2,5–7,2 m) nuosėdose.
KN – weight loss on ignition, %, H – depth from the surface of sediments, m, Kk – coefficient of concentration comparing element in surface layer (0,0–0,3 m) with corresponding values in deeper (2,5–7,2 m) sediments.



3 pav. Mikroelementų kiekio kaita Sedos ežero sapropelio vertikaliniame pjūvyje (KN – kaitinimo nuostolis %) / Fig. 3. Variation of microelement values in the vertical profile of Lake Seda sapropel. KN – weight loss on ignition, %

sluoksniį priskirti autochtoninio tipo organinės-mineralinės klasės vandens augalų sapropeliui (kai organinės medžiagos kiekis >35% ir CaO <8%). Pagal Fe kiekį (4,4–5,5%) sapropelis yra geležingas.

Sapropelio sluoksnyje einant gilyn daugelio cheminių elementų kiekiai, lyginant su paviršiniu sluoksniu, sumažėja. Ypač kinta technogeninės-biogeninės asociacijos elementų kiekis. Švino, sidabro ir mangano kiekis sumažėja 2–3 kartus (4 lentelė, 3 pav.), alavo ir kobalto sumažėja tolygiai, bet gerokai mažiau (1,3–1,5 karto). Vario ir cinko mažėjimas yra netolygus, 6,9–7,2 m gylėje jų kiekis vėl šiek tiek padidėja. Tai gali būti susiję su organinės medžiagos padidėjimu apatinėje sapropelio sluoksniu dalyje. Su organinės medžiagos kiekiu augimu sietinas Mo didėjimas gilesnėje sapropelio sluoksniu dalyje. Tai būdinga daug organinės medžiagos turinčioms ir kitų Lietuvos ežerų nuosėdoms (Baltrūnas ir kt., 1998). Netolygiausiai sapropelio sluoksniu vertikaliniame pjūvyje pasiskirsto akcesoriniai-alotigeniniai mikroelementai Ti, Zr, Y, Yb ir Nb, tačiau bendra jų mažėjimo tendencija einant gilyn išlieka (išskyrus Yb). Tokia cheminių elementų kiekio kaita rodo, kad technogeniniai cheminiai elementai gali būti aptinkami tik viršutinėje sapropelio sluoksniu dalyje, o gilesniuose sluoksniuose jie yra gamtinės kilmės ir priklauso nuo ežero baseino nuosėdų mineralinės sudėties bei sedimentacinių procesų ypatumų.

UŽTERŠTO SAPROPELIO SLUOKSNIO PAVOJINGUMO VERTINIMAS

Sapropelio sluoksniu užteršimas sunkiaisiais metalais ir kitais pavojingais elementais pagal LAND 20–96 reikalavimus ir pagal suminį užterštumo rodiklį (Zd) yra nedidelis. Sapropelio sluoksniu viršutinėje dalyje, kur nustatytas padidėjęs technogeninių cheminių elementų kiekis (Ag, Cu, Pb, V, Zn), suminis užterštumo rodiklis (Zd), apskaičiuotas sumuojant šių elementų-teršalų koncentracijas koeficientus, yra mažas (1,9–5,9) ir tai rodo, kad ši sapropelio klodo dalis yra užteršta nepavojingai ($Zd < 16$). Sapropelio sluoksniu gilesnėje dalyje technogeninių cheminių elementų kiekis dar labiau sumažėja, todėl sumažėja ir suminio užterštumo rodiklis. Sapropelio sluoksniu viršutinėje dalyje, ežero PV pakraštyje, nustatytas anomalus Pb kiekis (>60 mg/kg) rodo išaugusią taršą šiuo elementu, todėl čia viršutinė sapropelio sluoksniu dalis (0,0–0,3 m) pagal LAND 20–96 reikalavimus priklauso II kategorijos dumbliui. Gilėjant Pb kiekis labai sumažėja (4 lentelė, 3 pav.), todėl kita (ir didžiausia) sapropelio sluoksniu dalis atitinka švaraus I kategorijos dumblo reikalavimus. Pagal kitų nustatytų pavojingų elementų (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn) koncentracijas sapropelis priklauso I kategorijos dumbliui. Kadmio kiekis visuose tirtuose mėginiuose mažesnis už 1 mg/kg.

IŠVADOS

Sedos ežero dugno nuosėdose nustatytas mikroelementų kiekis rodo antropogeninių procesų įtaką, tačiau ji, lyginant su kitais šalies technogeniškai teršiamais ežerais, yra nedidelė. Didėsnis vanadžio kiekis sietinas su viso regiono gamtinės aplinkos praturtinimu šiuo elementu dėl AB „Mažeikių nafta“ veiklos. Svarbiausios dugno nuosėdų mikroelementų asociacijos yra gamtinės kilmės. Dauguma mikroelementų, kurių tam tikra dalis nuosėdose yra technogeninės kilmės, jungiasi į vieną asociaciją (Pb–Cu–Ag–Zn) ir tai yra papildomas taršos įtakos rodiklis. Daugelio elementų–teršalų didėsnis kiekis nustatytas tik paviršinėje nuosėdų dalyje. Jų, išskyrus Zn ir iš dalies Cu, migracija į gilesnius horizontus yra neženkliai.

Sapropelyje nustatytas sunkiųjų metalų kiekis neviršija LAND 20–96 normatyvo leidžiamų didžiausių užterštumo lygių dumblo (DLL), naudojamame dirvoms tręšti ir karjerams rekultivuoti. Pagal sunkiųjų metalų kiekį Sedos ežero sapropelis atitinka I dumblo kategorijos reikalavimus ir gali būti naudojamas be apribojimų. Viršutinėje sapropelio sluoksnio dalyje kai kuriuose mėginiuose nustatytas padidėjęs Pb kiekis (>60 mg/kg) neturi įtakos jo kiekiui visame sapropelio klode.

Autoriai dėkoja dr. Vladui Katinui už pagalbą renkant ežero nuosėdų mėginius.

Literatūra

- Baltrūnas V., Diliūnas J., Kadūnas V., Valiūnas J. 1998. Aplinkos geologija ir geochemija Lietuvoje. *Geologija*. 26. 5–26.
- Budavičius R., Kadūnas V. 1999. Mikroelementų pasiskirstymo ryšys su organinės medžiagos kiekiu Lietuvos ežerų dugno nuosėdose. *Geologija*. 28. 32–38.
- Garunkštis A., Stanaitis A. 1969. Ežerai gimsta, bręsta ir miršta. Vilnius: Mintis. 158 p.
- HN 48–1994. Kenksmingos medžiagos. Didžiausia leidžiama koncentracija ir laikinai leidžiamas lygis žmogaus vartojamame vandenyje. Vilnius. 41 p.
- Jatulienė N., Juozulynas A., Morkūnienė V., Pivoriūnas A., Dringelienė N. 1997. Dirvožemio užterštumo cheminėmis medžiagomis higieninis vertinimas. *Metodiniai nurodymai*. Vilnius. 12 p.
- Kadūnas V., Budavičius R., Gregorauskienė V., Katinas V., Kliaugienė E., Radzevičius A., Taraškevičius R. 1999. Lietuvos geocheminis atlasas. Vilnius. 72 p. teksto, 18 lent., 240 žemėlapių. (lietuvių ir anglų k.)
- LAND 20–96. Nuotėkų dumblo naudojimo normos. 1997. *Valstybės žinios*. 1. 12–18.
- Стеклов Н., Ильина Е. 1976. Генетическая классификация сапропелевых отложений. *Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве*. Минск: Наука и техника. 63–73.

Valentinas Kadūnas, Ričardas Budavičius, Alfredas Radzevičius

PECULIARITIES OF MICROELEMENT COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS IN LAKE SEDA (NW LITHUANIA)

S u m m a r y

In Lake Seda (Sedula), on the shore of which the Seda town is situated, sedimentation is caused both by natural conditions and technogenous impact. Investigation of this lake enables to estimate the influence of anthropogenic pollution on microelement composition of sediments, to determine chemical element distribution in vertical section and to evaluate the migration of elements-pollutants to deeper layers of sediments. These data are important for comparative characterisation of technogenically polluted lakes of the country. As the lake is an object of recreation, the investigation of bottom sediments is also important from the practical point of view, because it helps to determine the quality of the silt and at the same time the possibility of cleaning the lake.

Samples of bottom sediments (47) were taken from the upper layer of bottom sediments (down to 20–30 cm deep) and from all layer of sediments (down to 7.2 m depth) (27) (Fig. 1). The ash of the sediments was analysed by DC Arc ES. International reference materials OOKO 153 and OOKO 151 were used for quality control of the results. The concentration coefficients of elements in the surface layer of sediments were computed by dividing an element content determined in each sample by its background value in bottom sediments of Lithuanian lakes with a similar content of organic matter (LOI = 30–40%). Microelements, for characterising of their distribution, were grouped into associations according to a prevailing form of their existence. The level (category) of bottom sediment pollution and the danger of pollution were evaluated according to the total contamination index and standards for using wastewater sludge (LAND 20–96).

According to organic matter content (the average value 35.2%), sediments of Lake Seda are mostly organic-mineral class autochthonic type carbonaceous sapropel (with organic matter content >35% and CaO 8–30%). According to accumulation (average values of concentration coefficients), microelements in the associations form the following sequences: in allothigenous – Li>B>Co>Sc>>Ga>Cr>Ni, accessory-allothigenous – Zr>Ti>Y>Yb, technogenous-biogenous – Pb>V>Cu>Ag>Zn. The content of elements from the latter association exceeds the background values 1.99 (Pb) to 1.26 (Zn) times (Table 1). The uneven distribution of these elements and the fact that the content of most of them, especially of Pb, Zn and Ag, in bottom sediments of the lake is much greater than in the soil of the watershed of the lake (Table 2) proves their technogenous origin. The highest concentrations of elements from this association were determined in the southwestern and northeastern parts of the lake, where the sediments are rich in organic matter (Fig. 2). The greatest number of anomalous values was found in the southwestern part of the lake near the town of Seda: Ag (0.3 ppm), Mo (1.37 ppm), Pb (78.2 ppm), Zn (149.8 ppm). In comparison with other technogenically polluted Lithuanian lakes, the content of Pb, Cu, Zn, Ag and Sn in sediments of Lake Seda is low (Table 3), contrary to vanadium content,

which is one of the greatest. This can be related with regional dispersion of vanadium due to JSC “Mažeikių nafta” activity, which caused in the north-western part of Lithuania an increase of vanadium content (approximately 1.3 times in comparison with the rest of Lithuanian territory) also in other components of natural environment (soil, river sediments).

Three main microelement groups can be distinguished with the help of factor analysis in the surficial layer of Lake Seda sediments. In the first group, which forms the loading coefficients of the first factor, the elements of accessory-allothigenous association (Yb–Ti–Y–Zr) prevail, Ga and Sc from the allothigenous association join them. The second group (Ni–V–Zn–B–Nb) is mixed and is formed of technogenous-biogenous Zn, V and B joined by Ni of allothigenous and Nb of accessory-allothigenous association. The third group (Ag–Cu–Mo–Pb–Sn–Li, partly Zn) is formed mainly of technogenous-biogenous association elements. The elements of authigenous association (Sr, Mn, P) form the loadings of less important (IV–V) factors.

In comparison with the surficial layer, in deeper sapropel layers the content of most chemical elements, especially Pb, Ag and Mn, was lower (2–3 times) (Table 4, Fig. 3). The decrease of copper and zinc is uneven, as at the depth of 6.9–7.2 m their content again somewhat increases. This may be related with organic matter increase in the lower part of sapropel layer. The growth of Mo content in the deeper part of sapropel layer must be related with organic matter increase. Such variation of chemical element content indicates that the technogenous part of chemical elements can be found only in the upper part of sapropel layer.

According to the standard norm LAND 20–96, heavy metal concentrations determined in sapropel do not exceed the highest allowable contamination level of sludge used for fertilising and recultivation of quarries. According to heavy metal content, the sapropel in Lake Seda meets the requirements for the first category of sludge and can be used without restrictions.

**Валентинас Кадунас, Ричардас Будавичюс,
Альфредас Радзивиочиус**

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕРА СЕДА (СЗ ЛИТВА)

Резюме

В озере Седа (Седула) седиментация происходит под влиянием естественных и техногенных факторов. Исследование его донных отложений позволяет оценить влияние этих факторов на микроэлементный состав отложений, выявить закономерности их распределения в вертикальном разрезе и оценить процесс миграции элементов-загрязнителей в более глубоких слоях осадков. Озеро Седа является важным рекреационным объектом для жителей поселка Седа, поэтому исследование донных отложений является важным и в практическом отношении, так как позволяет оценить качество сапропелевого ила и возможности его удаления при очистке озера.

Образцы осадков (47) для исследования были собраны из поверхностного слоя (глубиной до 0,3 м) и из

всего разреза сапропеля (до 7,2 м) (рис. 1). Основным методом лабораторных исследований – эмиссионный спектральный анализ. Коэффициенты миграции подсчитывались на основе сравнения с фоновым содержанием микроэлементов в осадках озер всей Литвы с аналогичным содержанием органического вещества. При изучении распределения микроэлементов они объединялись в ассоциации по основной форме их нахождения в осадках. Опасность загрязнения сапропеля и возможность его использования оценивались по показателю суммарного загрязнения и по требованиям к качеству ила, используемого для рекультивации земель и карьеров (LAND 20–96).

По содержанию органического вещества осадки озера Седа принадлежат в основном к аутохтонному водорослевому известняковому сапропелю органогео-минерального класса.

Микроэлементы по коэффициентам накопления образуют три основные ряда: аллотигенной ассоциации – Li>B>Co>Sc>Ga>Cr>Ni, аксессуарно-аллотигенной – Zr>Ti>Y>Yb, техногенно-биогенной – Pb>V>Cu>Ag>Zn. Содержание микроэлементов техногенно-биогенной ассоциации превышает фоновые от 1,99 (Pb) до 1,26 (Zn) (таблица 1). Их распределение является неравномерным, а содержание в осадках по сравнению с содержанием в почве окрестностей озера – больше. Все это указывает на техногенную природу этих микроэлементов в осадках озера. Большие содержания микроэлементов техногенно-биогенной ассоциации установлены в ЮЗ и СВ частях озера (рис. 2). Большинство аномалий этих элементов приурочено к ЮЗ части озера, которая находится на территории поселка Седа. Осадки озера Седа по сравнению с другими озерами Литвы, находящимися в урбанизированных территориях, относительно мало загрязнены Pb, Cu, Zn, Ag и Sn (таблица 3). Лишь содержание ванадия является повышенным и это связано с общим загрязнением региона из-за деятельности Мажейкского нефтеперерабатывающего комбината.

В осадках озера Седа по данным факторного анализа выделяются три основные группы элементов. В первой группе (1 фактор) основными являются элементы аксессуарно-аллотигенной ассоциации (Yb–Ti–Y–Zr), к которым из аллотигенной ассоциации присоединяются Ga и Sc. Ко второй группе (Ni–V–Zn–B–Nb) относятся элементы из техногенно-биогенной ассоциации Zn, V и B, к которым присоединяются из аллотигенной ассоциации – Ni и аксессуарно-аллотигенной – Nb. В третьей группе (Ag–Cu–Mo–Pb–Sn и отчасти Zn) объединяются в основном элементы техногенно-биогенной ассоциации.

В разрезе сапропелевого слоя содержание микроэлементов с глубиной уменьшается, особенно содержание Pb, Ag и Mn (в 2–3 раза) (таблица 4, рис. 3). Содержание Cu и Zn на глубине несколько увеличивается и это может быть связано с увеличением содержания органического вещества. С увеличением содержания органического вещества может быть связано также увеличение содержания Mo. Такое распределение микроэлементов показывает, что техногенные микроэлементы накапливаются только в верхней части осадков.

Содержание тяжелых металлов в слое сапропеля озера Седа позволяет отнести его к I категории и использовать без ограничений для рекультивации земель и карьеров.