

Lietuvos technogeniškai teršiamų ežerų dugno nuosėdų mikroelementinės sudėties ypatumai

**Valentinas Kadūnas,
Ričardas Budavičius**

V. Kadūnas, R. Budavičius. Peculiarities of microelement composition of technogenically polluted lake sediments in Lithuania.

Geologija. Vilnius. 2001. Nr. 34. P. 3–7. ISSN 1392–110X.

Information about microelement composition of bottom sediments in technogenically polluted Lithuanian lakes, as well as about paragenetic associations of these elements is presented. It has been determined that mostly Ag, Cr, Cu, Zn and Pb accumulate in the sediments of these lakes. They are forming the main microelement association. The heavy metal pollution level of mud in lakes with the input of sewage water from towns is dangerous.

Keywords: lake bottom sediments, technogenical pollution, microelements, correlation, microelement associations

Received 11 May 2001, accepted 16 May 2001.

Ričardas Budavičius. Institute of Geology, T. Ševčenkos 13, LT-2600 Vilnius, Lithuania

Valentinas Kadūnas, Vilnius University, Čiurlionio 21/23, LT-2600 Vilnius, Lithuania

ĮVADAS

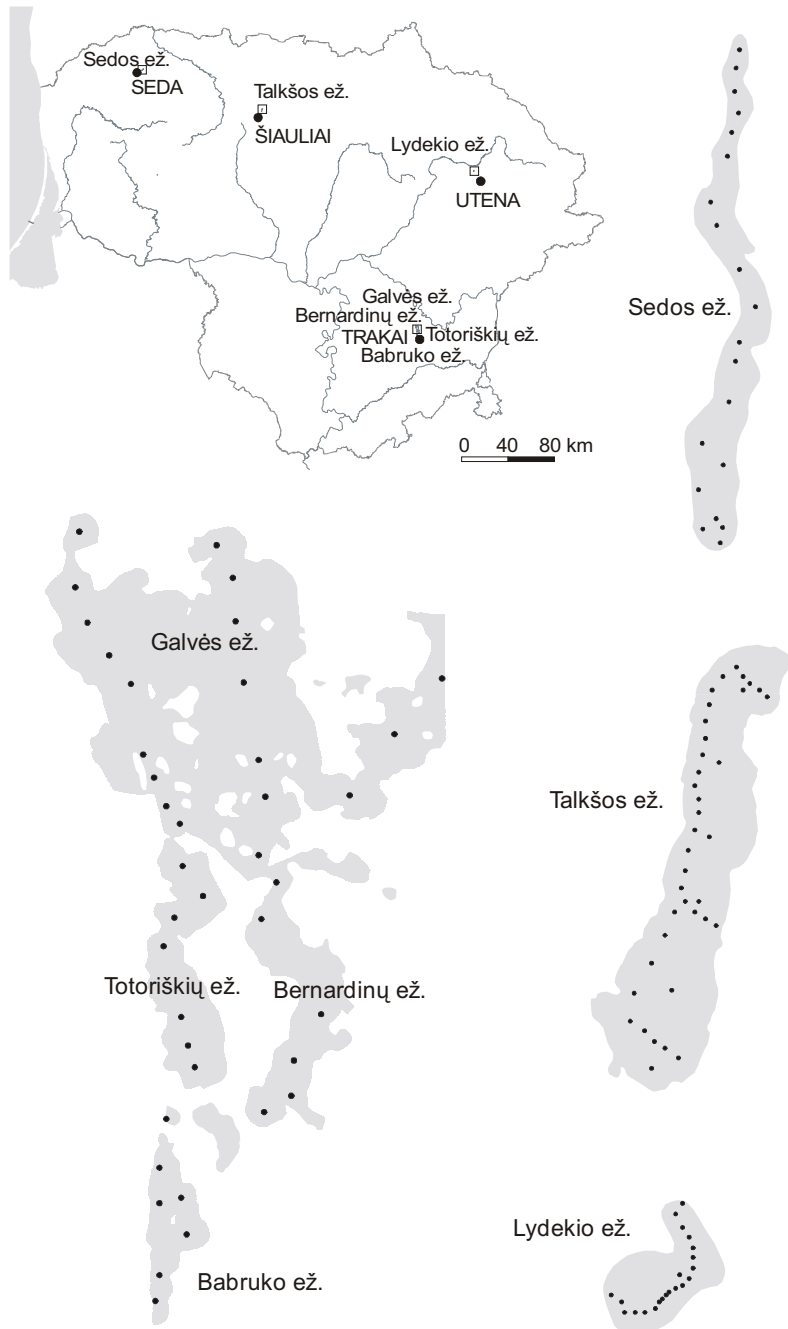
Ežerai yra vieni iš rekreacinių gamtinės aplinkos objektų, todėl jų dugno nuosėdų mikroelementinė sudėtis yra svarbus šios aplinkos kokybės rodiklis. Kai kurie Lietuvos ežerai yra urbanizuotose teritorijose arba jų technogeninio poveikio zonose. Juose dugno nuosėdų sudėtis priklauso ne tik nuo gamtinių sedimentacinių procesų, bet ir nuo antropogeninės taršos. Tokiuose ežeruose svarbu išsiaiškinti nuosėdų technogeninio užterštumo lygį ir jo pavojingumą biotai. Šių ežerų dugno nuosėdų tyrimas taip pat leidžia įvertinti technogenezės procesų poveikį sedimentacijai ir nuosėdose susiformavusiems cheminių elementų paragenetiniams ryšiams.

METODIKA

Tyrimams buvo parinkti 7 Lietuvos ežerai, esantys urbanizuotose teritorijose arba jų poveikio zonose (1 pav.): tai Sedos ežeras prie Sedos miestelio, Talkšos – prie Šiaulių miesto, Lydekis – prie Vyžuonų

miestelio ir Utenos miesto bei 4 Trakų ežerai – Galvės, Bernardinų, Totoriškių ir Babruko. Šių ežerų nuosėdas daugiausia sudaro karbonatingas dumblas (CaO – 9,2–31,4%) su vidurkiniu 22,4–35,2% organinės medžiagos kiekiu, kuris gali būti priskirtas organinės mineralinės klasės karbonatingam sapropeliui (organinės medžiagos kiekis – 15–35%, CaO kiekis – 8–30 %) (Стеклов, Ильина, 1976). Ežerų dugno nuosėdų paviršiaus mėginiai (iš viso 114) buvo paimti iš paviršinio nuosėdų sluoksnio (iki 20–30 cm gylio) naudojant žiauninį semtuvą. Mėginiai džiovinti kambario temperatūroje, organinė medžiaga mineralizuota 450°C temperatūroje. Mėginių pelenai po paruošimo analizuoti optinės spektrinės emisinės analizės metodu (spektrografu DFS-13, 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 statistiniams parametrų įvertinti taikytas statistinis paketas STATISTIKA. Jo pagalba



1 pav. Technogeniškai teršiamų Lietuvos ežerų dugno nuosėdų ėmimo schemas

Fig. 1. Sampling points in technogenically contaminated lakes of Lithuania

atlikta ir faktorinė analizė (panaudojant pagrindinių komponentų metodą). Elementų paragenetinės asociacijos išskirtos pasitelkus jų tarpusavio koreliacinių ryšių bei išrūšiuotą faktorių apkrovų matricą, kuri gauta pagrindinių komponentų metodu ir pasukta varimaksu metodu. Koncentracijos koeficientai buvo skaičiuojami dalijant mikroelementų medianinius kiekius technogeniškai teršiamų ežerų nuosėdose iš jų foninių kiekių visų Lietuvos ežerų dugno nuosėdose, turinčiose panašų organinės medžiagos kiekį

($KN = 20-30$ ir $30-40\%$) (Budavičius, Kadūnas, 1999). Dugno nuosėdų užterštumo laipsnis (kategorija) bei užterštumo pavojingumas buvo vertinamas pagal suminio užterštumo rodiklį (Jatulienė ir kt., 1997). Suminis užterštumo rodiklis (Z_s) apskaičiuotas sumuojant elementų-teršalų koncentracijos koeficientus. Pagal juos elementams-teršalams buvo priskirti biotai pavojingi (I–III pavojingumo klasės) elementai (į asociaciją įėjo tie elementai, kurių $K_k > 1,5$ buvo ne mažiau kaip 20% mėginių). Elementų kiekiai, viršijantys vidurkio ir dviejų standartinių nuokrypių sumą, priskirti anomalijoms.

REZULTATŲ APITARIMAS

Technogeniškai teršiamuose ežeruose kai kurių mikroelementų kiekis, lyginant su foniniu, yra gerokai padidėjęs (1 lentelė, 2 pav.). Maksimaliausias Ag , Cu ir Zn koncentracijos koeficientais (K_k) išsiskiria Lydekio ežero dugno nuosėdos (K_k atitinkamai 35,8; 6,5 ir 4,2). Talkšos ežero dugno nuosėdose nustatyti dideli Cr ir Ni (K_k atitinkamai 26,8 ir 3,5), Babruko – Ag ir Mo kiekiai ($K_k = 28$ ir 2,7). Daugumos ežerų dugno nuosėdų mikroelementų kaupimosi asociacijose aiškiai vyrauja Pb , Ag ir Zn . Tai rodo ryšį su vyraujančia apyžerio tarša, nes Ag , Pb ir Zn yra svarbiausi urbanizuotų teritorijų elementai-teršalai (Radzevičius ir kt., 1997; Zinkutė, 1998; Kadūnas ir kt., 1999). Šiaulių miesto teritorijoje svarbiais elementais-teršalais yra Cr ir Ni (Taraškevičius, Gregorauskas, 1993), todėl ir Talkšos ežero dugno nuosėdose šie elementai labiausiai kaupiasi (2 lentelė). Ežerų dugno nuosėdos, turinčios gerokai daugiau organinės medžiagos nei dirvožemis, pasižymi geromis sorbcinėmis savybėmis, todėl juose kaupiasi didesni elementų-teršalų kiekiai nei urbanizuotų teritorijų dirvožemyje. Ypač tai gerai matyti lyginant sunkiųjų metalų kiekį Šiaulių miesto dirvožemyje (Kadūnas ir kt., 1999) ir Talkšos ežero dugno nuosėdose. Jose vidutiniškai daugiau nei miesto dirvožemyje kaupiasi: $Cr - 21,6$, $Ag - 14,7$, $Zn - 5,2$, $Cu - 3,8$ ir $Ni - 3,4$ karto. Ežerų, į kuriuos patenka arba patekdavo miestų kanalizaciniai vandenys, svarbiausias elementas-teršalas yra Ag

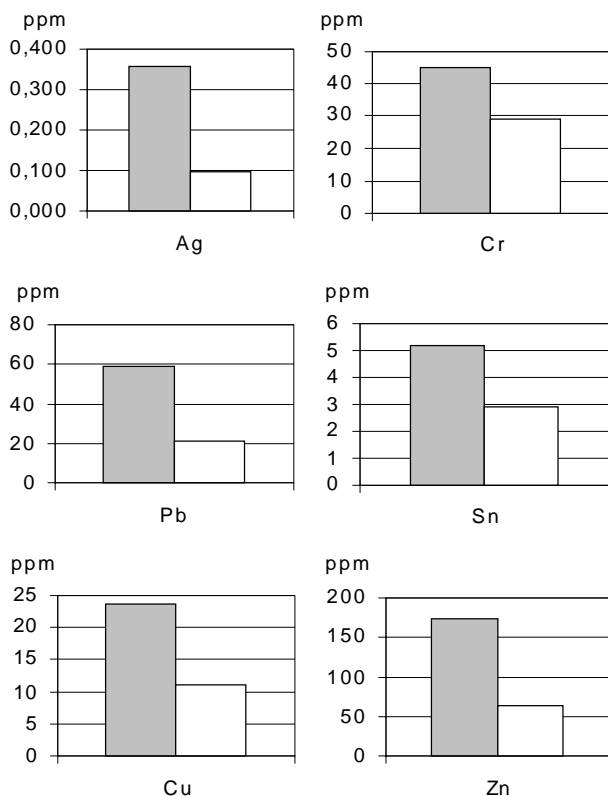
1 lentelė. Mikroelementų kiekis (ppm) technogeniškai teršiamų Lietuvos ežerų dugno nuosėdose
Table 1. Microelement values in bottom sediments of technogenically polluted Lithuanian lakes, ppm

Ežeras / Lake		KN	Ag	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sn	V	Zn
Mikroelementų kiekis / Microelement values													
Seda	Md	35,2	0,137	8,1	37,2	17,0	950	0,96	17,0	42,0	2,29	49,9	84,3
	V(%)		37,6	14,8	13,7	9,0	18	17,10	20,8	28,4	19,30	16,4	32,7
	Amin		0,260	10,6	47,9	20,0	1296	1,34	24,6	70,9	3,40	64,1	146,4
Totoriškių	Md	22,4	0,256	5,7	21,0	23,6	2043	2,20	11,6	59,0	5,43	15,5	175
	V(%)		35,8	13,0	36,9	14,2	32,6	13,0	27,0	34,7	28,2	46,0	12,9
	Amin		0,478	5,9	40,6	28,9	2625	2,27	16,9	107,2	8,17	32,1	183
Galvė	Md	37,7	0,234	8,5	55,5	21,8	442	2,21	26,4	90,8	6,23	61,6	140
	V(%)		34,7	14,7	20,3	33,7	247,2	28,4	18,0	30,3	35,8	22,1	36,4
	Amin		0,440	11,5	77,2	37,9	7539	3,56	36,2	149,1	11,0	90,6	256
Babrukas	Md	38,0	2,802	5,9	38,2	21,1	513	3,36	20,5	84,6	4,28	33,2	158
	V(%)		55,0	36,5	58,9	48,3	58,9	52	37,5	93,7	43,3	68,80	75,3
	Amin		0,200	8,8	62,4	26,4	1663	2,90	25,2	90,2	5,40	79,8	148
Bernardinų	Md	33,6	0,356	8,1	54,6	30,5	546	2,30	27,1	98,4	9,92	53,2	191
	V(%)		53,9	28,4	46,4	37,4	94,2	36	32,4	42,7	30,7	33,36	17,9
	Amin		0,865	12,1	88,5	58,5	3696	4,64	39,2	186,4	17,47	87,3	281
Lydekis	Md	25,3	3,256	5,2	44,9	74,0	829	2,5	18,5	16,5	3,30	35,7	262
	V(%)		57,8	12,0	33,2	61,7	55,6	47,7	32,3	37,8	30,9	34,6	71,6
	Amin		5,711	6,0	64,4	150,8	2047	4,57	26,6	25,3	4,76	52,6	599,0
Talkša	Md	29,5	1,029	6,1	814	35,2	773,1	2,1	52,6	50,1	5,2	19,8	203
	V(%)		109,3	15,1	86,9	39,6	22,6	34,6	41,0	47,6	56,8	53,6	54,9
	Amin		3,861	7,7	2482	57,7	1041	3,6	88,5	92,2	11,0	48,6	387
Md 30–40%		35,0	0,100	5,1	28,2	10,5	687	1,25	24,6	21,1	2,9	30	67
Md 20–30%		25,0	0,091	5,4	30,4	11,4	828	1,1	15,2	21,3	2,9	29,2	62,5
Koncentracijos koeficientai / Concentration coefficients													
		Ag	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sn	V	Zn	Zs
Seda		1,4	1,6	1,3	1,6	1,4	0,8	0,7	2,0	0,8	1,7	1,3	4,4
Totoriškių		2,8	1,0	0,7	2,1	2,5	2,0	0,8	2,8	1,9	0,5	2,8	8,9
Galvė		2,3	1,7	2,0	2,1	0,6	1,8	1,1	4,3	2,1	2,1	2,1	11,1
Babrukas		28,0	1,2	1,4	2,0	0,7	2,7	0,8	4,0	1,5	1,1	2,4	34,8
Bernardinų		3,6	1,6	1,9	2,9	0,8	1,8	1,1	4,7	3,4	1,8	2,9	15,4
Lydekis		35,8	1,0	1,5	6,5	1,0	2,4	1,2	0,8	1,1	1,2	4,2	45,6
Talkša		11,3	1,1	26,8	3,1	0,9	2,0	3,5	2,4	1,8	0,7	3,2	45,7
KN – kaitinimo nuostolis %; Md KN 20–30 ir 30–40% – medianinis kiekis Lietuvos ežerų dugno nuosėdose, kai KN 20–30 ir 30–40%; V(%) – variacijos koeficientas; Amin – minimalus anomalus kiekis; Zs – suminis užterštumo rodiklis.													
KN – weight loss on ignition, %; Md KN 20–30 ir 30–40% – median values of bottom sediments of Lithuanian lakes with KN 20–30 and 30–40%; V% – coefficient of variation; Amin – the minimum anomalous values; Zs – total contamination index.													

(Lydekio ir Babruko ežerai) ir Cr su Ni (Talkšos ežeras) (2 lentelė). Pagal suminio užterštumo rodiklį (Zs), kuris kinta nuo 3,4 iki 45,7, Talkšos, Lydekio ir Babruko ežerų dugno nuosėdos yra pavojingai užterštos. Dalyje šių ežerų mėginių suminio užterštumo rodiklis viršija 128, t. y. dugno nuosėdos yra užterštos itin pavojingai. Pažymėtina, kad šių ežerų taršai didžiausią poveikį turi 2–3 elementai-teršalai (Babruke – Ag ir Pb, Lydekyje – Ag, Cu, Zn, Talkšoje – Cr ir Ni). Šių elementų kiekiai kai kuriuose mėginiuose yra anomalūs, nors bendras visų

mikroelementų anomaliskumas yra žemas, nes ežerų dugno nuosėdose technogeniniai mikroelementai pasiskirstę gana netolygiai, o esant dideliems variacijos koeficientams (viršija 50%), anomalūs kiekiai dažniausiai viršija 2 medianinius kiekius (1 lentelė). Tokių mėginių su anomaliais mikroelementų kiekiais, kai jų medianiniai kiekiai yra dideli, dažniausiai būna mažiau nei 10 %.

Be padidėjusio mikroelementų kiekio, technogeninę taršą rodo ir jų paragenetinių asociacijų kaita (3 lentelė). Foniniuose ežeruose į svarbiausią aso-



2 pav. Elementų-teršalų kiekis foninių ir technogeniškai teršiamų ežerų (tamsi spalva) dugno nuosėdose
 Fig. 2. Values of elements-pollutants in bottom sediments of technogenically polluted (dark colour) and background lakes

2 lentelė. Technogeniškai teršiamų Lietuvos ežerų dugno nuosėdų mikroelementų kaupimosi asociacijos
 Table 2. Accumulating associations of microelements in technogenically polluted bottom sediments of Lithuanian lakes

Ežerai / Lakes	Asociacijos / Associations
Seda	Pb>V>Cu, Co
Totoriškių	Pb, Zn, Ag>Mn>Cu>Sn
Galvė	Pb>Ag>Cu, Sn, Zn>Cr>Mo>Co
Babrukas	Ag>Pb>Mo>Zn>Cu
Bernardinų	Pb>Ag>Sn>Zn>Cr>V
Lydekis	Ag>Cu>Zn>Mo>Cr
Talkša	Cr>Ag>Ni>Zn>Cu>Pb>Mo

ciaciją, formuojančią I faktoriaus krūvius, jungiasi mikroelementai, susiję su alotigeniniais pagrindiniais (Li, B, Ga, Sc, V) ir akcesoriniais mineralais (Ti, Zr, Nb, Y, Yb, La); biogeniniai-technogeniniai mikroelementai (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag, Sn) formuoja II faktoriaus krūvius. Karbonatų (Sr, Ba) ir hidroksidų (Mn) mikroelementai formuoja atskiras asociacijas, turinčias neigiamą koreliaciją su faktoriais, ir tai rodo nedidelį jų poveikį bendrai nuosėdų mikroelementinei sudėčiai. Technogeniškai teršiamuose ežeruose paragenetinėse mikroelementų asociacijose, lyginant su foninių (neteršiamų) ežerų asociacijomis, išauga elementų-teršalų reikšmė. Esant pavojingam nuosėdų užterštumo lygiui (Talkšos ir Lydekio ežeruose) visi elementai-teršalai arba kai kurie iš jų kartu su pagrindinių ir akcesorinių alotigeninių mineralų mikroelementais formuoja I faktoriaus krūvius. Mažai teršiamuose ežeruose (Sedos ežeras) mikroelementų asociacijos išlieka panašios į foninių ežerų nuosėdų asociacijas (3 lentelė).

IŠVADOS

Technogeniškai teršiamų Lietuvos ežerų dugno nuosėdų mikroelementinė sudėtis rodo aiškų technogeninės poveikį sedimentacijai. Šių ežerų dugno nuosėdose padidėja sunkiųjų metalų ir kitų biotai pavojingų cheminių elementų kiekis. Didžiausiais koncentracijos koeficientais pasižymi Ag, Cr, Zn ir Pb. Jie yra svarbiausi mikroelementai kaupimosi asociacijose, kurios yra panašios į Lietuvos urbanizuotų teritorijų dirvožemio elementų-teršalų asociacijas, tik jų koncentracijos laipsnis nuosėdose yra gerokai didesnis. Tai rodo didesnes ežerų dugno nuosėdų sorbcines galimybes ir ypač tų elementų, kurie į ežerus patenka su kanalizaciniu vandeniu (Ag, Cr, Zn). Dėl to tokių ežerų (Talkša, Lydekis, Babrukas) dugno nuosėdų užterštumas yra pavojingo ($Z_s > 32$), o kai kuriose vietose ir ypač pavojingo lygio ($Z_s > 128$). Technogeninė tarša pakeičia mikroelementų tarpusavio ryšius ežerų dugno nuosėdose. Paragenetinėse asociacijose padidėja elementų-teršalų svarba, kurie tokiose nuosėdose formuoja I faktoriaus krūvius ar-

3 lentelė. Technogeniškai teršiamų Lietuvos ežerų dugno nuosėdų paragenetinės mikroelementų asociacijos
 Table 3. Paragenetic associations of microelements in technogenically polluted bottom sediments of Lithuanian lakes

Ežerai / Lakes	F1	F2	F3	F4
Foniniai ežerai / Background lakes	Li-Ga-B-Sc-Ti-V-Zr-Nb-Y-Yb-La-[Sr]	Cr-Co-Ni-Cu-Zn-Pb-Mo-Ag-Sn	Ba	Mn
Seda	Li-Ga-B-Sc-Ti-V-Zr-Nb-Y-Yb-La-Cr-Co-Ni	Ag-Pb-Sn-Zn-Cu-Mo	Sr-Mn	Ba-P
Talkša	Cr-Ni-Zn-Cu-Pb-Mo-Ag-Sn-Li-Ga-Ti-Yb-Sc	B-Ga-V-Co	Zr-Nb-Y-La	Sr-Ba
Lydekis	Cu-Zn-Sn-Ti-Zr-Nb-La-Mn-Ba-[Li-Co-Yb-Sr]	Ni-Ga-Ag-Y-Sc-Mo-Cr-V-Pb		

ba iš dalies įeina į šio faktoriaus asociaciją. Visa tai rodo, kad technogeniniai procesai pavojaingai keičia ežerų dugno nuosėdų mikroelementinę sudėtį, todėl jų poveikis turi būti maksimaliai ribojamas.

Literatūra

- Budavičius R., Kadūnas V. 1999. Mikroelementų pasiskirstymo ryšys su organinės medžiagos kiekiu Lietuvos ežerų dugno nuosėdose. *Geologija*. 28. 32–38.
- 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.
- Radzevičius A., Tverkutė Z., Budavičius R., Kadūnas V., Katinas V., Zinkutė R. 1997. Panevėžio miesto geocheminis atlasas. Vilnius–Panevėžys, 70 p.
- Zinkutė R. 1998. Diferencijuoto fono reikšmė ekologiniuose-geocheminiuose tyrimuose. *Geologija*. 28. 68–77.
- Taraškevičius R., Gregorauskas M. 1993. Šiaulių miesto technogeninių pedocheminių anomalijų būdingieji bruožai. *Geologija*. 15. 51–59.
- 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

PECULIARITIES OF MICROELEMENT COMPOSITION OF TECHNOGENICALLY POLLUTED LAKE SEDIMENTS IN LITHUANIA

S u m m a r y

Some of Lithuanian lakes are in urbanised territories or in the zones of their technogenous influence. The microelement composition of their bottom sediments depends not only on natural sedimentation processes, but also on anthropogenous pollution. Seven Lithuanian lakes that are in urbanised territories or in their technogenous influence zones have been selected for investigation (Fig. 1). Sediments of these lakes consist mostly of carbonaceous mud with the average organic matter content 22.4–35.2%. There have been taken 114 samples and analysed by DC arc ES for microelement content. An increased content of heavy metals and other chemical elements dangerous for biota, especially Ag, Cr, Zn and Pb (4.7–35.8 times in comparison with the background value) has been determined (Table 1, Fig. 2). They are most important in accumulating associations (Table 2), which are similar to associations of pollutants in soil of urbanised territories of Lithuania, differing only in the level of concentration of pollutants in sediments, which is much higher (5.2–21.6).

This indicates a greater sorption capacity of lake bottom sediments, especially of elements that get into lakes with sewage water (Ag, Cr, Zn). Therefore the pollution level of sediments in such lakes (Talkša, Lydelis, Babrukas) is often dangerous ($Z_s > 32$). Technogenous pollution changes the relationships among microelements in lake sediments. The importance of elements-pollutants increases in microelement associations; these elements in such sediments often form the loading coefficients of the first factor or partly belong to the association of the first factor (Table 1). All this shows that technogenous processes are changing the microelement composition of lake bottom sediments in a dangerous way. Therefore the influence of these processes should be restricted as much as possible.

Валентинас Кадунас, Ричардас Будавичюс

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЯЕМЫХ ОЗЕР ЛИТВЫ

Р е з ю м е

Некоторые озера Литвы находятся на урбанизированных территориях или в зонах их техногенного воздействия. В таких зонах на состав донных осадков влияют не только естественные седиментационные процессы, но и антропогенное загрязнение. Особенности микроэлементного состава донных осадков техногенно загрязняемых озер изучались на примере выбранных с этой целью 7 озер Литвы (рис. 1). Донные осадки этих озер в основном состоят из карбонатных илов со средним количеством органического вещества (22,4–35,2%). Было собрано 114 проб; содержание микроэлементов в них определено методом эмиссионного спектрального анализа. Установлены повышенные концентрации тяжелых металлов и других опасных биохимических элементов, особенно Ag, Cr, Zn и Pb (в 4,7–35,8 раза по сравнению с фоновыми) (табл. 1, рис. 2). Они являются основными в ассоциациях накопления микроэлементов (табл. 2), которые очень схожи с таковыми в почвах урбанизированных территорий Литвы, но степень концентрации в донных осадках значительно выше (в 5,2–21,6 раза). Это обстоятельство является показателем больших сорбционных возможностей донных осадков озер и особенно тех элементов, которые поступают в озера с канализационными водами (Ag, Cr, Zn). Поэтому донные отложения таких озер (Талкша, Лидякис, Бабрукас) опасно загрязнены ($Z_s > 32$). Техногенное загрязнение в донных осадках влияет на связи между микроэлементами. В парагенетических ассоциациях микроэлементов увеличивается роль элементов-загрязнителей, которые в таких осадках формируют нагрузки 1-ого фактора или частично входят в ассоциацию 1-ого фактора (табл. 3). Вышеизложенное свидетельствует о том, что техногенные процессы опасно меняют микроэлементный состав донных осадков озер, поэтому такое влияние должно быть максимально ограничено.