

BALTICA Volume 24 Special Issue 2011 : 163-168

Lietuvos miestų geocheminės anomalijos ir jų sklaida

Ričardas Taraškevičius, Rimantė Zinkutė

(Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas)

Taraškevičius, R., Zinkutė, R., 2011. Urban geochemical anomalies of Lithuania and their spread. *Baltica*, Vol. 24, Special Issue // Geosciences in Lithuania: challenges and perspectives, 163–168. Vilnius. ISSN 0067–3064.

Abstract The overview of environmental geochemistry research at the Institute of Geology and Geography is given with description of objects, methods and aquageochemical, atmogeochemical, pedogeochemical and biogeochemical anomalies. Intensive technogenisation increases the contents of chemical elements in comparison with their background. Some of released chemical elements accumulate in the soil, sediments or biota, the other are widely spread. Each town is geochemically specific.

Keywords trace elements, concentration coefficients, accumulating associations, Lithuania.

Ričardas Taraškevičius [taraskevicius@geo.lt], Rimantė Zinkutė, Nature Research Centre, Institute of Geology and Geography, 13, T. Ševčenkos Str., 03223 Vilnius, Lithuania. Manuscript submitted 13 June 2011, accepted 15 July 2011.

ĮVADAS

Lietuvos urbanizuotoje aplinkoje vykstančius geocheminius pokyčius tyrė ir dabar tęsia tyrimus platus šalies mokslininkų būrys (Mažvila ir kt. 2001; Valiulis ir kt. 2002; Adomaitis ir kt. 2003; Naginienė ir kt. 2003; Baltrėnas, Vaišis 2006). Šioje apžvalgoje daugiau dėmesio bus skiriama Geologijos instituto, vėliau Geologijos ir geografijos instituto mokslininkų darbams. Institute aplinkos geocheminiai tyrimai, tiriant urbanizuotą teritoriją poveikį supančiai gamtinei aplinkai, buvo pradėti 1979 m. Per kelis metus, vadovaujant dr. V. Baltakiui, grupė Geocheminės-mineraloginės laboratorijos darbuotojų surinko ir ištyrė daugiau nei 1500 upių ir ežerų dugno nuosėdų mėginių. Pagal tyrimų rezultatus buvo sudaryti geocheminiai žemėlapiai, kurie atskleidė miestų poveikį dešimtis ir šimtus kilometrų nuo jų nutolusioms vietovėms. Tai inspiravo mintį ištirti urbanizuotas teritorijas, išsiaiškinant jų aplinkos technogeninius ir antropogeninius cheminius elementus, suformuotų anomalijų intensyvumą, kaupimosi priežastis ir dėsningumus. Tokio pobūdžio darbai vieni pirmųjų buvo pradėti 1985 m. ir yra tęsiami iki šiol. Šie duomenys yra svarbūs siekiant pažinti cheminę gamtinę ir gyvenamosios aplinkos būklę, vykstančios kaitos procesus, gali pasitarnauti subalansuotai plėtrai.

TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI

Objektai. Pagrindiniais tyrimų objektais buvo pasirinktos tokios teršalus deponuojančios terpės kaip dirvožemio danga ir dugno nuosėdos (Taraškevičius 1989; Radzevičius *et al.* 1997; Kadūnas ir kt. 1999). Retsykiais, esant sniegingoms ir ilgoms bei gilioms žiemoms, jų pabaigoje buvo renkami sniego dangos ėminiai (Балтакис, Тарашкявичюс 1992). Kai kuriuose taršos židiniuose, tiriant bioakumuliacinius procesus, buvo renkami įvairūs augalai.

Ėminių surinkimo pobūdis ir tankis kito priklausomai nuo tyrimo užduočių. Dažniausiai buvo taikomas ištisu sklypų plotinis kartografavimas, kartais – profiliavimas. 1985 m., atliekant žvalgomuosius Vilniaus tyrimus, jo dirvožemio danga buvo tiriama tolygiai surenkant ėminius kas 500–700 metrų (Taraškevičius 1989). Vėliau kartografavimo mastelis kito. Vilniaus, Šiaulių, Klaipėdos ir kitų miestų ir gyvenviečių centrinėse dalyse ėminius buvo stengiamasi rinkti bent kas 100 metrų, periferijoje – kas 200–500 metrų, žaliuosiuose plotuose – kas 1 km. Taršos židiniuose (įmonių teritorijos, sąvartynai) ėminių surinkimo žingsnis buvo sutankintas iki 20–50 metrų (Taraškevičius, Gregorauskas 1993; Taraškevičius 1994). Kaitus buvo ir miestų teritorijose esančių vandentakų ar vandens telkinių – Neries, Vilnios, Danės, Kulpės, Violės, Nevėžio ir kitų upių ir upelių, Talšos bei kitų ežerų dugno

nuosėdų ėminių surinkimo tankis (Radzevičius *et al.* 1997, 2004). Visi ėminiai buvo sudėtiniai. Siekiant minimizuoti atsitiktinius kraštutinius, jie buvo surenkami iš kelių ar net keliolikos vietų į vieną bendrą ėminį. Sniego dangos ėminiai buvo tiriami surenkant juos per 0,5–2,0 km vienas nuo kito iš fiksuoto dydžio greta esančių 9 plotelių, sudarančių apie 1 m² bendrą plotą. Nuo 2002 metų yra pradėti miestų dirvožemio dangos būklės pokyčių vertinimo ir monitoringo tyrimai, suskirsčius tyrimų vietas pagal žemėnaudos pobūdį (Taraškevičius, Zinkutė 2003; Taraškevičius 2008, Taraškevičius, Gulbinskas 2010). Vykdamas kai kuriuos projektus buvo tiriama sniego tirpsmo arba upių vandens sudėtis.

Paruošimas tyrimams, analizės metodai ir nustatomi cheminiai parametrai. Kiekvienas paimtas ėminys buvo homogenizuojamas. Vėliau dirvožemio ar dugno nuosėdų mėginiai buvo sijojami per kaproninę sietą su ne didesnėmis negu 1 mm² tinklelio akutėmis. Sniegas buvo tirpinamas ir filtruojamas per vidutinio tankumo popierinius filtrus. Iki 2000–2009 m. ir dirvožemis, ir dugno nuosėdos, ir ant filtro susikaupusios atmosferinės arba upių nešmenų kietosios dalelės buvo pasveriamos, kaitinamos ir tiriamos atominės absorbcijos spektrofotometru (AAS 1 ir AAS 3) arba elektros lanko atominės emisijos spektrografu (DFS-13), matuojant spektrinių linijų intensyvumą (DM-100). Nuo 2007 m. buvo pradėtas eksploatuoti energijos dispersijos rentgeno fluorescencinės analizės spektrometras *Spectro XEPOS*. Priklausomai nuo susikaupusių cheminių elementų kiekio ir prietaisų jautrio buvo nustatomi eilės cheminių elementų bendri kiekiai, t.y. kai kurie cheminiai elementai iš šios aibės: Ag, B, Al, As, Ba, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, I, Y, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zr, Zn. Dugno nuosėdose, kartais dirvožemyje greta bendrųjų kiekių buvo tiriamos ir migracinės sunkiųjų metalų formos (Маркявичене, Тарашкявичюс 1984; Taraškevičius, Zinkutė 1991). Sniego tirpsmo ir upių vandenyje, pritaikius koncentravimo metodus ekstrahuojant, buvo nustatomi Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Mn, Pb ir Zn kiekiai.

Analizės rezultatų kontrolei naudoti tarptautiniai standartiniai mėginiai OOKO152, OOKO153, NIST 2709, NIST 2711, OOPE 101, OOPE 201, OOPE 401 ir kiti (Govindaraju 1994). Nuo 1997 m. kokybės sistema buvo tobulinama dalyvaujant tarptautinėje dirvožemio analizės mainų programoje *International Soil-analytical Exchange*, kurią organizuoja Olandijos Vageningeno universitetas (Houba *et al.* 1996). Geostandartas OOKO153 (jaurinis dirvožemis) buvo naudojamas nuolatinei kontrolei. Tiriamų bandinių serijose buvo tiriamas kas dešimtas eilinis bandinys. Jei duomenų nuokrypis viršydavo 10–15%, ankstesni 9 bandiniai buvo tiriami pakartotinai. NIST 2711, kaip nežinomas bandinys, buvo patalpinamas 70 bandinių serijoje. Daugkartiniai tyrimai parodė, kad jo analizės rezultatų santykinis standartinis nuokrypis neviršijo 5–15 %.

Foninių kiekių apskaičiavimas. Anomalumo rodikliai. Vienas svarbiausių geocheminių rodiklių yra geocheminis fonas (C_f). Jo dėka nustatomas tiriamo cheminio elemento kaupimosi laipsnis (koncentracijos koeficientas) K_k . Vietiniai ir regioniniai foniniai cheminių elementų kiekiai C_f dažniausiai buvo nustatomi dvejopai. Vienu atveju fonu C_f buvo laikomas apskaičiuotasis vidurkis arba mediana, panaudojant neužterštais laikomų ėminių aibes, kitais atvejais buvo atliekamas aibių kartotinis gryninimas, atmetant reikšmes, nepatenkančias į pasirinktų intervalų ribas (Zinkutė 2002; Taraškevičius, Gulbinskas 2010). Anomaliais yra laikomi elementų kiekiai, 1,5–2,0 karto viršijantys foninius. Kitas svarbus anomalumo rodiklis – užterštumo koeficientai K_o , apskaičiuojami nustatytas reikšmes dalinant iš didžiausių ribinių reikšmių DLK. Be to, sumuojant K_k , skaičiuojami suminiai užterštumo rodikliai Z_d , nurodomi Lietuvos higienos normoje HN 60:2004 (HN 60:2004).

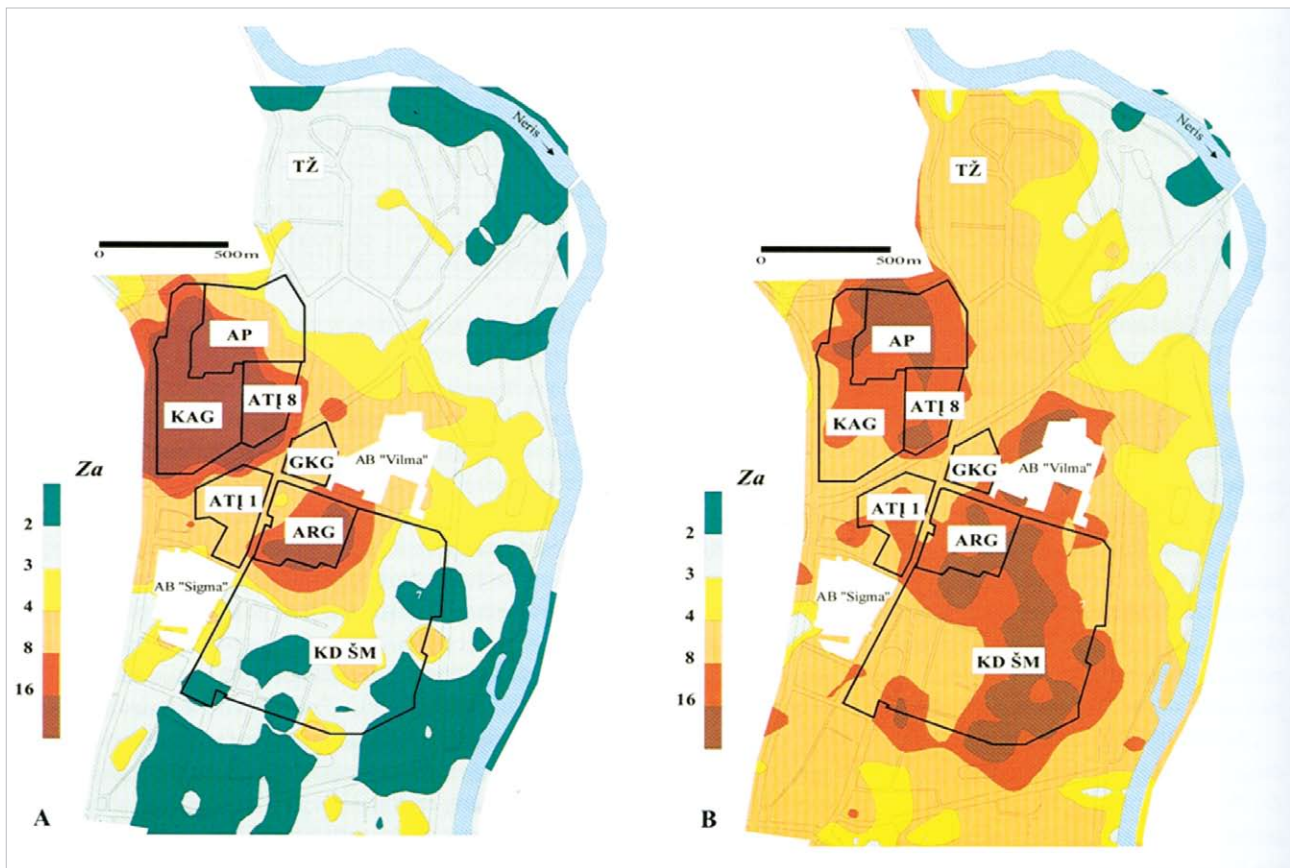
Statistinis duomenų apdorojimas. Pagrindiniai statistiniai parametrai, tokie kaip cheminio elemento minimali, maksimali, vidurkinė, medianinė, standartinio nuokrypio reikšmė dažniausiai buvo apskaičiuojami naudojant programą *Excel*. Jos pagalba buvo apskaičiuojami cheminių elementų ir jų kaupimosi (koncentracijos) koeficientai K_k ir jų suminiai užterštumo rodikliai Z_d . Elementai buvo rūšiuojami kaupimosi aibėse pagal K_k dydį, taip pat buvo sumuojami panašios geocheminės prigimties cheminių elementų K_k , pateikiant jų suminius užterštumo rodiklius. Dažniausiai tai buvo dvi grupės: chalkofilinių ir siderofilinių su litofilais elementų aibės.

Porinio ryšio stiprumui atskleisti buvo skaičiuojami koreliacijos koeficientai R bei jų reikšmingumo lygis p , o klasterinės ir faktorinės analizės pagalba cheminiai elementai ir tyrimų vietos buvo grupuojamos jų giminingumui aptikti.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APITARIMAS

Lietuvos urbanizuotų teritorijų geocheminiam ištyrimui yra skirta eilė straipsnių, ženklus skaičius monografijų, kuriose įvairiu detalumu yra parodyta urbogeochemines anomalijas formuojančių veiksnių ir cheminių elementų įvairovė (Taraškevičius 1989; Radzevičius *et al.* 1997, 2004; Kadūnas *et al.* 1999, 2001a; 2004; Zinkutė 2002; Gregorauskienė *et al.* 2011).

Dugno nuosėdos (akvageocheminės anomalijos). Straipsniuose, skirtuose upių dugno nuosėdų geochemijai, nagrinėti įvairūs aspektai: migracinės formos (Маркявичене, Тарашкявичюс 1984), geocheminiai ypatumai (Taraškevičius 1991; Taraškevičius, Zinkutė 1991; Radzevičius, Zinkutė 1993), foniniai mikroelementų kiekiai (Radzevičius 1998), upių baseinų dirvožemio mechaninės sudėties įtaka (Radzevičius 1999a), technogeninė apkrova (Radzevičius 1999b), asociacijos (Зинкуте, Тарашкявичюс 1988;



Pav. Vilniaus miesto Žirmūnų rajono dirvožemio bendro taršos rodiklio Z_a reikšmės, priklausančios nuo Mo, Ni, Cr, Co ir V (A) arba Pb ir Sn (B) koncentracijų. Buvę ir esantys objektai: KAG – kuro aparatūros gamykla, AP – autobusų parkas, ATĮ – autotransporto įmonės, GKG – gelžbetoninių konstrukcijų gamyklos cechas, ARG – autoremonto gamykla, KD ŠM motorizuotas karinis dalinys „Šiaurės miestelis“, TŽ – troleibusų žiedas.

Kadūnas *et al.* 2004). Pastebėta, kad per didžiausius šalies miestus – Vilnių, Kauną, Klaipėdą, Šiaulius ir Panevėžį – tekančių upių dugno nuosėdose labiausiai kaupiasi chalkofiliniai elementai Ag, Zn, Cu, Sn, Pb, o juos dažnai lydi siderofilai Cr, Ni ir Mo. Specifinė lokali tarša gali būti lydima ir Sr, La, Y (Nevėžis prie Panevėžio, Kėdainiai), Ni ir V (Elektrėnų aplinkos vandens telkiniai), Cr, Ni (Šiaulių gamyklų veikiamos Kulpė ir Mūša) anomalijų. Palyginus 1981–1983 m. Neries ir Vokės upių nuosėdų sudėtį su atitinkamais 2001 m. tyrimų rezultatais, išaiškėjo, kad bendra tarša sumažėjo (Zinkutė *et al.* 2005a). Pozityvūs užterštumo mažėjimo poslinkiai išryškėjo ir Ventoje. Tai aiškintina ir pramoninės veiklos apimčių sumažėjimu, ir jos pobūdžio pokyčiais. Tačiau naujausi tyrimai rodo, kad kai kuriose vietovėse anomalijos gali būti aptinkamos ir šiuo metu (Taraškevičius, Gulbinskas 2008).

Remiantis surinkta gausia ežerų geocheminių duomenų baze bei dalyje ežerų išanalizuotais mikroelementų pasiskirstymais skersiniuose ežerų profiliuose, nustatyti Lietuvos ežerų dugno nuosėdų mikroelementinės sudėties formavimosi ypatumai, foniniai mikroelementų kiekiai terigeninės, karbonatinės, biogeninės ir mišrios sedimentacijos ežeruose (Budavičius 2003), taip pat elementų kaupimosi priklausomybė nuo organinės medžiagos kiekio (Budavičius, Kadūnas 1999),

ežero gylio (Kadūnas, Budavičius 2000). Šie rezultatai buvo naudingi tiriant urbanizuotose teritorijose esančius ežerus (Kadūnas, Budavičius 2001; Kadūnas *ir kt.* 2001b; Zinkutė *et al.* 2003, 2005b). Talšos ežeras tirtas tris kartus: 1989, vykdant Šiaulių kartografavimą (Taraškevičius, Gregorauskas 1993), 1991 ir 2002 metais. Nustatyta, kad ežere kaupiasi ne tik visi pagrindiniai odos apdoravimo įmonių teritorijų teršalai Cr, Zn, Cu, Pb, Mo, Ni ir Sn, bet ir iš kitų šaltinių patenkantys Ag, Ba, Co, V. Lyginant su 1989 m., Talšos užterštumas cinku 2002 m. padidėjo 2,41 karto, o švinu – 1,90 karto. Specifinių odos apdoravimą apibūdinančių elementų Cr ir Mo sumažėjo, bet statistiškai nereikšmingai. Tai rodo, kad ežerų savivala gali būti lėta. GGI skiriamas dėmesys ir Baltijos jūros uostų dugno nuosėdų bei vandens geocheminiams tyrimams (Jokšas *ir kt.* 2008; Stakėnienė *ir kt.* 2011).

Atmosferinės iškritos (atmogecheminės anomalijos). Atmosferinių iškritų geocheminė sudėtis, kartografuojant Vilniaus sniego dangą 1985–1987 metais, atskleidė platų tuometinį miesto skleidžiamų cheminių elementų skaičių: W (vidurkinis $K_{kv} = 107$), Ni ($K_{kv} = 23$), Pb (17,6), Cr (14,5), Zn (13), Cu (10), Sn (9,7), Ag (8,8), Cd (4,8), Co (3,6), Sc (2,6), Ga (1,7), Yb (1,5). O reikšmingi jų kiekių koreliacijos koeficientai su kitais, mažesniu anomalumu pasižyminčiais Ti, Y, B,

Mn, parodė, kad į miesto aplinką per įmonių kaminus ir ventiliacijos bei vėdinimo angas patenka įvairiausi cheminiai elementai. Didelės sankaupos nebuvo atsitiktinės. Aplink šiluminės elektrinės ir plačiai per kelis kilometrus pavėjui nuo jų buvo aptiktos išraiškios V, Ni ir kitų juos lydinių siderofilinių elementų anomalijos. Aplink metalo apdorojimo gamyklas iki 1 km, o kartais ir toliau nusėdusiose dulkėse visų pirma kaupėsi W, Cr, Mo, Co, Sn, V, Zn, o aplink elektrotechnikos ir radiotechnikos įmones – Ag, Sn, Cu, Zn, Pb. Tačiau intensyviausios Pb atmogeocheminės anomalijos buvo susijusios su autotransporto srauto intensyvumu ir atkartojo skirtingos autotransporto apkrovos miesto gatvių tinklo konfiguraciją. Kitas veiksnys, reguliavęs iškritų sankaupą, buvo miesto reljefas. Jis lėmė didesnes atmogeochemines sankaupas Neries slėnyje. Tarp kitų cheminių elementų vyravo siderofilai ir litofilai. 2005 metais atlikti epizodiniai tyrimai parodė, kad dabar atmosferinių anomalijų vaizdas raiškiai pakitęs, vyrauja chalkofilinių elementų kiekiai. Dėl nebeveikiančių didesnio skaičiaus ankstesnių gamyklų anomalijos nėra koncentruotos buvusiuose pramonės mikrorajonuose, yra išskydusios, lokaliai susijusios su buitinių krosnių iškritomis arba kitais sunkiai įvardijamais šaltiniais.

Dirvožemis ir gruntas (pedogeocheminės anomalijos). Gausi bibliografija skirta miesto paviršinio dirvožemio sluoksnio geochemijai. Jos chrestomatija, nagrinėtos temos ir išryškėję ypatumai bene išsamiausiai pateikiami ir geriausiai yra apibendrinti Institute dirbusių ar dar dirbančių V. Gregorauskienės, V. Kadūno, V. Katino, A. Radzevičiaus, R. Taraškevičiaus ir R. Zinkutės straipsnyje (Gregorauskienė *et al.* 2011), sudarančiame atskirą skyrių monografijoje *Miestų teritorijų cheminės aplinkos kartografavimas* (anglų k.).

Pažymėtina, kad didžiausių šalies miestų dirvožemyje dažniausiai nustatomos tų pačių aštuonių, kaip ir pro juos tekančių upių dugno nuosėdose, cheminių elementų anomalijos. Septynių miestų duomenimis, labiausiai teršia chalkofiliniai elementai Zn (Kkvid=2,74), Ag(1,91), Pb(1,84), Cu(1,75), Sn(1,44), o juos lydi siderofilai Ni(1,30) ir Cr(1,25) ir litofilas Ba(1,20). Specifinė lokali tarša pasireiškia padidėjusiais Sr, La, Y (Kėdainiai, Panevėžys), Mo, Co ir V (Gražtų gamyklos Vilniuje aplinka), Cr (odos apdorojimo gamyklos) kiekiais. Palyginus 1985 m. Vilniaus pedogeocheminių anomalijų mastą su 2001 m. tyrimų rezultatais, aptiktas jų ploto (Kadūnas *et al.* 2004) padidėjimas. Paaiškėjo, kad pedogeocheminių anomalijų intensyvumas proporcingas urbanizacijos trukmei (Taraškevičius *ir kt.* 2003). Svarbus bruožas – priklausomybė nuo žemėnaudos tipų (Jankauskaitė *et al.* 2008; Taraškevičius 2008). Daugiamatė matematinė sąsajų analizė parodė, kad miestų taršai būdingas ne tik anomalumas, bet ir specifiniai elementų paragenetiniai ryšiai: priklausomai nuo urbanistinės sanklodos įvyksta mažiau ar labiau ryški elementų intergracija į paragenetines asociacijas. Jei miestams, bendrai

juos paėmus, yra būdingos mažiau diferencijuotos chalkofilų-siderofilų-litofilų asociacijos, tai lokaliuose taršos židiniuose diferenciacija yra ryški, o tradiciniai 8 elementai įvairios galios koreliaciniais ryšiais gali būti susiję su bet kuriais kitais specifiniais taršos židinių cheminiais elementais (Pav.).

Biota (biogeocheminės anomalijos). Biogeocheminių sankaupų susidarymo galimybės dažniau buvo tiriamas neurbanizuotose šalies vietovėse arba atliekant eksperimentinius tyrimus (Baltrėnaitė, Butkus 2007; Butkus, Baltrėnaitė 2007; Baltrėnaitė *ir kt.* 2009). Urbanizuotų vietovių lemiamos biogeocheminės anomalijos aprašytos, ištyrus teršalų sankaupas sąvartynų augmenijoje (Taraškevičius 1996). Aptikta, kad Ag, Cu, Ni, Mo, Mn, B, Cr ir V kaupiasi ant sąvartynuose augančių kaukazinių slyvų vaisiuose. Atskleista tam pri sąsaja tarp cheminių elementų kiekių sąvartyno grunte ir jame augančioje augmenijoje. Abejose akumuliacinėse terpėse didžiausi teršalų kiekiai aptikti sąvartynų papėdėse. Cheminius elementus pagal jų biogeocheminių akumuliacijos koeficientų dydį papėdėje augančiame žolės mišinyje galima išrikiuoti šia eile: Mo>V>Ag>Cu>Mn>N>Pb>Cr>B>Ba. Kita svarbi biogeocheminio kaupimosi išraiška – supras-tėję gyventojų sveikatos rodikliai, kaip atsakas į papildomus viršfoninius cheminių elementų kiekius (Krasilščikovas *ir kt.* 1988; Монцевичюте-Эрингене *u dp.* 1989).

IŠVADOS

Urbanizuotose vietovėse vykstanti aktyvi socialinė-kultūrinė veikla ir intensyvi daugumos antropogeninių interesų sričių technogenizacija lemia, kad į miestus įvairių medžiagų ir mechanizmų pavidalu patenka dideli papildomi viršfoniniai cheminių elementų kiekiai šroutai. Nenutrūkstamo proceso metu dalis jų nuolat atsilaisvina transportavimo ir eksploatacijos metu ir pasklinda į aplinką per orą, nuotekas, nuobyras ir atliekas. Jie kaupiasi įvairiose deponuojančiose terpėse, dažniausiai dirvožemyje ir dugno nuosėdose, nors vyksta ir biogeocheminis sankaupavimas. Dalis elementų, lemiami V. Vernadskio visuotinės sklaidos dėsnio ir skatinami antropogeninės veiklos bei aplinkos geografinių-geologinių sąlygų ypatumų, iš jų vėl pasišalina ir pasklinda plačiau ir pasiekia atokesnes vietoves. Sklaidoje dalyvaujančių viršfoninių cheminių elementų kiekių spektras – pats įvairiausias. Dažniausiai aptinkami chalkofilai, po jų seka siderofilai ir litofilai. Visų šių procesų visumoje kiekvienas miestas pasireiškia kaip būdingas ir specifinis geocheminis subregionas.

Literatūra

- Adomaitis, T., Mažvila, J., Eitminavičius, L., 2003. A comparative study of heavy metals in the soils of cities and arable lands. *Ekologija* 3, 12–16.
- Baltrėnaitė, E.; Butkus, D., 2007. Modelling of Cu, Ni, Zn, Mn and Pb transport from soil to seedlings of coniferous

- and leafy trees. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 5(4), 200–207.
- Baltrėnaitė, E., Šerevičienė, V., Paliulis, D., 2009. Variation of carbon and metal concentration in soil amended with sewage sludge. *Ekologija* 55 (1), 1–8.
- Baltrėnas, P., Vaišis, V., 2006. Research into soil contamination by heavy metals in the northern part of the Klaipėda city, Lithuania. *Geologija* 55, 1–8.
- Budavičius, R., 2003. *Peculiarities of formation of Lithuanian lake sediment trace element composition = Lietuvos ežerų nuosėdų mikroelementinės sudėties formavimosi ypatumai*. Abstract of doctoral dissertation, Institute of Geology and Geography, Vilnius, 26 pp.
- Budavičius, R., Kadūnas, V., 1999. Mikroelementų pasiskirstymo ryšys su organinės medžiagos kiekiu Lietuvos ežerų dugno nuosėdose. *Geologija* 28, 32–38.
- Butkus, D., Baltrėnaitė, E., 2007. Accumulation of sewage sludge-derived heavy metals in tree seedlings. *Ekologija* 53(1), 29–36.
- Govindaraju, K., 1994. 1994 compilation of working values and sample description for 383 geostandards. *Geostandards Newsletter, Vol. 18*, Special Issue, 158 pp.
- Gregorauskienė, V., Taraškevičius, R., Kadūnas, V., Radzevičius, A., Zinkutė, R., 2011. Geochemical characteristics of Lithuanian urban areas (Chapter 23). In C. C. Johnson, A. Demetriades, J. Locutura, R. T. Ottesen (eds.), *Mapping the Chemical Environment of Urban Areas*, Wiley, 393–409.
- HN 60:2004. Lietuvos higienos norma HN 60: 2004. Pavojingų cheminių medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos dirvožemyje. Valstybės žinios, Nr. 41–1357.
- Jankauskaitė, M., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., Veteikis, D., 2008. Relationship between landscape self-regulation potential and topsoil additive contamination by trace elements in Vilnius city. *Journal of environmental engineering and landscape management* 16 (1), 5–14.
- Jokšas, K., Stakėnienė, R., Galkus, A., Lagunavičienė, L., 2008. Metals in bottom sediments of Šventoji Port area (Lithuania). *Geologija* 3(61), 143–155.
- Houba, V.J.G., Uittenbogaard, J., Pellen, P., 1996. WEPAL, organization and purpose. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27(3), 421–431.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., 2000. Mikroelementai Lietuvos ežerų skirtingo gylio dugno nuosėdose. *Geologija* 31, 3–14.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., 2001. Lietuvos technogeniškai teršiamų ežerų dugno nuosėdų mikroelementinės sudėties ypatumai. *Geologija* 34, 3–7.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., 1999. *Lietuvos geocheminis atlasas = Geochemical atlas of Lithuania*. Vilnius, Geologijos institutas, Lietuvos geologijos tarnyba, 90 pp., žemėl.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A., Zinkutė, R., 2001a. *Mažeikių rajono geocheminis atlasas = Geochemical atlas of Mažeikiai District*. Mažeikių rajono savivaldybė, Geologijos institutas, Vilnius–Mažeikiai, 87 pp., žemėl.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Radzevičius, A., 2001b. Sedos (Sedulos) ežero nuosėdų mikroelementinė sudėties ypatumai (ŠV Lietuva). *Geologija* 33, 10–17.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., 2004. Urbanizuotų teritorijų grunto ir vandens baseinų dugno nuosėdų mikroelementų anomalijos. Kn. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai* (atsak. red. V. Baltrėnas), Vilnius, 594–601.
- Krasilščikovas, D., Jatulienė, N., Taraškevičius, R., Barysienė, R., Michailenko, N., 1988. Išorinės aplinkos kokybė ir ikimokyklinio amžiaus vaikų sergamumas stambiam pramoniniame centre. *Sveikatos apsauga* 11, 11–13.
- Mažvila, J., Adomaitis, T., Antanaitis, T., Eitminavičius, L., Lubytė, J., Matusevičius, K., 2001. *Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose*. Lietuvos žemdirbystės institutas, Agrocheminių tyrimų centras, Kaunas, 343 pp.
- Naginienė, R., Abdrachmanovas, O., Kregždytė, R., Ryselis, S., 2003. The concentration of heavy metals in alopecia subjects. *Ekologija* 2, priedas, 68–71.
- Radzevičius, A., 1998. Elementų foniniai kiekiai ir jų pasiskirstymas Lietuvos upių dumblo. *Geologija* 26, 45–55.
- Radzevičius, A., 1999a. The influence of river basin soil mechanical composition on element concentration in river sediment. In D. A. Lovejoy (ed.), *Heavy metals in the environment: an integrated approach*, Vilnius, Institute of Geology, Metaloeology Society, 91–98.
- Radzevičius, A., 1999b. Lietuvos upių ir vandens saugyklų dumblo technogeninė apkrova. *Geologija* 28, 23–32.
- Radzevičius, A., Zinkutė, R., 1993. Lietuvos upių dumblo formavimosi geocheminiai ypatumai. *Geologija* 15, 43–50.
- Radzevičius, A., Budavičius, R., Kadūnas, V., Katinas, V., Zinkutė, R., Tverkutė, Z., 1997. *Panevėžio miesto geocheminis atlasas = Geochemical Atlas of Panevėžys. M 1:25000*. Geologijos institutas, Panevėžio miesto savivaldybės ekologijos skyrius, Vilnius–Panevėžys, 18 pp., žemėl.
- Radzevičius, A., Gregorauskienė, V., Kadūnas, V., Putys, P., 2004. *Panevėžio apskrities geocheminis atlasas = Geochemical atlas of Panevėžys County*. Panevėžio apskrities administracija, Geologijos geografijos institutas, Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius–Panevėžys, 123 pp., žemėl.
- Stakėnienė, R., Galkus, A., Jokšas, K., 2011. Pollution of Klaipėda port waters. *Polish Journal of Environmental Studies* 20(2), 445–459.
- Taraškevičius, R., 1989. *Technogeniniai cheminiai elementai mieste*. Vilnius, Žinija, 38 pp.
- Taraškevičius, R., 1991. Svarbesni Lietuvos upių (Vilnia, Neris, Nemunas) sunkiųjų metalų geochemijos bruožai. *Geografijos metraštis* 27, 145–153.
- Taraškevičius, R., 1994. Pedogeochemical anomalies in Šiauliai. *3rd International Symposium on Environmental Geochemistry*, Abstracts, Krakow, 403–404.
- Taraškevičius, R., 2008. Klaipėdos prieuosčio dirvožemio ir grunto geohigieninis vertinimas. Jūros ir krantų tyrimai

- 2008. Konferencijos medžiaga, 2008 balandžio 9–11, Palanga, Klaipėda, 143–147.
- Taraškevičius, R., Gregorauskas, M., 1993. Šiaulių miesto technogeninių pedogeocheminių anomalijų būdingieji bruožai. *Geologija* 15, 51–59.
- Taraškevičius, R., Gulbinskas, S., 2008. Klaipėdos miesto vandentakų dugno nuosėdų geocheminiai tyrimai: nuo 1991 iki 2008. Jūros ir krantų tyrimai – 2008. Konferencijos medžiaga, 2008 balandžio 9–11 Palanga, Klaipėda, 2008, 140–142.
- Taraškevičius, R., Gulbinskas, S., 2010. Pedogeochemical accumulating associations of education and learning institutions and sport stadiums in Klaipėda. Proceedings of 15th international conference on heavy metals in the environment, September 19–23, 2010, Gdansk, Poland, University of Technology, 781–784.
- Taraškevičius, R., Zinkutė, R., 1991. Miesto įtaka dabartinių geocheminių procesų eigai (dugno nuogulų metalų analizės duomenimis). *Geografijos metraštis* 27, 136–144.
- Taraškevičius, R., Zinkutė, R., 2003. Urbanizuotų teritorijų grunto dangos kokybės higieninis geocheminis įvertinimas. *Geografijos metraštis* 36 (1), 161–170.
- Taraškevičius, R., Zinkutė, R., Godienė, G., 2003. Urbanizuotų teritorijų išsklaidytosios taršos suformuotų pedogeocheminių anomalijų kaitos prognozavimo galimybės. *Geografijos metraštis* 36 (2), 98–107.
- Valiulis, D., Čeburnis, D., Šakalys, J., Kvietkus, K., 2002. Estimation of atmospheric trace metal emissions in Vilnius City, Lithuania, using vertical concentration gradient and road tunnel measurement data. *Atmospheric Environment* 36 (39–40), 6001–6014.
- Zinkutė, R., 2002. Trace element technogenous associations in topsoil of urbanised territories of Lithuania. Institute of Geology and Geography, Vilnius. 200 pp.
- Zinkutė, R., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., 2003. Ecological–geochemical state of topsoil and water sediments in Šiauliai. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Rezekne, June 26–28, 2003, Rezekne, 309–315.*
- Zinkutė, R., Taraškevičius, R., Radzevičius, A., 2005a. Changes of ecological-geochemical state of topsoil and river sediments in Vilnius. *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, June 16–18, 2005, Rezekne, 227–234.*
- Zinkutė, R., Taraškevičius, R., Radzevičius, A., 2005b. Trace elements in the tanneries environment. *Polish Geological Institute Special Papers, Vol. 17, Proceedings of the conference “Valorisation of the environment in the areas exposed to long-term industrial and mining activities”, June 2-4, Ustron, Poland, Polish Geological Institute, Warszawa, 94–99.*
- Балтакис, В., Тарашкявичюс, Р., 1992. Распределение никеля в почве и снежном покрове крупного города. Сб. Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения, Москва, ИМГРЭ, 95–104.
- Маркявичене, Р., Тарашкявичюс, Р.б 1984. Железо, марганец, медь, цинк, никель, хром в донных отложениях реки Нерис. Материалы республиканской конференции «Научные достижения химиков – народному хозяйству», Вильнюс, 22-23 ноября 1984 г., 43–46.
- Монцевичюте-Эрингене, Е., Миклашене, В., Харацеюс, Д., Тарашкявичюс, Р., 1989. Нарушение иммунного гомеостаза человека как возможные факторы онкологического риска. *Экспериментальная онкология* 11 (5), 60–63.
- Зинкуте, Р., Тарашкявичюс, Р., 1988. Ассоциации химических элементов в донных отложениях реки Нерис. Кн. Внедрение математических методов и вычислительной техники в практику геологоразведочных работ Советской Прибалтики. Вильнюс, 158–161.