

Evaluarea eco-geochimică informativă a poluării stratului de sol din orașul Chișinău în perioada de vârf a activității industriale

Rezumat

A fost efectuată evaluarea retrospectivă a datelor privind poluarea cu metale a solurilor or. Chișinău în perioada de vârf a activității producției industriale la sfârșitul anilor 80 ai sec. XX. A fost constatată apropierea spectrelor geochimice în solurile de pe teritoriul întreprinderilor industriale și a instituțiilor educaționale. Analiza statistică a componentelor de bază denotă o diversitate a poluării cu metale pe teritoriile întreprinderilor industriale. Poluarea solurilor de pe teritoriile instituțiilor educaționale este cauzată de sectoarele locative și de transport. Lichidarea sectorului industrial divers, reprofilarea teritoriilor industriale și creșterea intensității fluxului de transport în oraș pe parcursul ultimilor 30 de ani, ar trebui să aibă ca rezultat la o schimbare semnificativă a structurii spațiale și a spectrului poluării în or. Chișinău.

Cuvinte cheie: ecologie, poluare, metale, urbanizare.

Informative eco-geochemical assessment of soil layer pollution in Chisinau during the peak period of industrial activity

Abstract

We have carried out a retro-assessment of the data on metal pollution of soils in the city of Chisinau dated by the peak of industrial activity in the late 80s of the twentieth century. The proximity of geochemical spectra in soils of industrial areas and in children's institutions was observed. Statistical analysis of the main components indicated a high specialization of metal pollution in the industrial areas. Soil pollution in areas of children's institutions had a clear residential-transport character. The elimination of a multisectoral industrial production, the redevelopment of industrial areas and an increase in traffic intensity in the city over the past 30 years should have led to a significant change in the spatial structure and spectrum of pollution in the city of Chisinau.

Keywords: ecology, pollution, metals, urbanization.

Сводная эколого-геохимическая оценка загрязнения почвенного покрова Кишинева в пиковый период промышленной активности

Резюме

Нами была проведена ретрооценка данных загрязнения металлами почв Кишинева в период пика активности промышленного производства в конце 80-х XX века. Была установлена близость геохимических спектров в почвах под промышленными предприятиями и детскими учреждениями. Статистический анализ главных компонентов свидетельствует о большом разнообразии загрязнений металлами на территориях промышленных предприятий. Загрязнение почв под детскими учреждениями носит явный селитебно - транспортный характер. Ликвидация многопланового производственного сектора, перепрофилирование промышленных территорий и увеличение интенсивности транспортных потоков в городе за прошедшие 30 лет должно было привести к значительному изменению пространственной структуры и спектра загрязнения в Кишиневе.

Ключевые слова: экология, загрязнение, металлы, урбанизация.

¹ Institutul de Oceanografie, Universitatea de Stat din Rio Grande, Brazilia.

Întroducere

Urbanizarea – un proces global, însoțit de o migrație în creștere a populației de la sate la orașe, unde combinarea unei concentrări mari de populație și a întreprinderilor industriale, duce la micșorarea semnificativă a parametrilor calității mediului ambiant. Calitatea vieții în orașele moderne, într-o măsură mare, este determinată de nivelul de socializare, planificarea amplasării structurilor industriale și de transport, prezența și calitatea zonelor de recreație, efectuarea controlului asupra parametrilor calității mediului și a măsurilor efective de ameliorare [1,2].

Stratul de sol din oraș este un mediu conservativ, care pe un termen lung încorporează poluanți chimici, servind la rândul său o sursă de poluare pentru aerul atmosferic, mediul acvatic și biologic. În același timp compoziția stratului de sol și concentrația unor elemente chimice și a compușilor lor, servesc ca indicatori a intensității și a amplitudinii acțiunii antropice asupra teritoriului dat [3,4]. Pentru fiecare element chimic au fost elaborate normative a concentrației limită în dependență de modul de utilizare a teritoriului: locativ, recreativ, industrial, etc. [5]. În afară de aceasta există indici de gradare a pericolului stratului de sol poluat cu unele elemente chimice, ce permit evaluarea gradului de poluare, pentru care ulterior sunt prezentate recomandări de măsuri complexe corespunzătoare pentru diminuarea efectului negativ [6]. În calitate de efect sumar al poluării stratului de sol se utilizează indicele Z_c , care cuprinde concentrațiile tuturor elementelor, inclusiv și a celor, concentrația cărora nu au valori critice, dar care în interacțiune cu alte elemente pot avea un efect negativ de poluare [7].

Dezvoltarea or. Chișinău în a doua jumătate a sec. XX a fost marcat printr-o creștere spectaculoasă a populației ce s-a triplat în perioada anilor 1960 - 1980, precum și o creștere majoră a producției industriale în limitele mediului urban. Însă la începutul deceniului nouă, odată cu reformele social-politice, producția industrială nu numai că s-a micșorat, dar a căpătat un impuls negativ, până la lichidarea majorității ramurilor industriale de altă dată. În prezent structura locativ - industrială a orașului s-a modificat esențial. În locul blocurilor fostelor uzine în prezent sunt amplasate diverse instituții, inclusiv și centre comerciale, ce sunt vizitate de un număr mare de oameni. Teritoriile, ce altădată aparțineau întreprinderilor industriale au fost ocupate de construcții locative și sociale. Înlocuirea structurii vechi a întreprinderilor industriale cu cea nouă locativă în zonele afectate anterior de poluanții industriali, pot avea urmări negative pentru populația din aceste raioane.

Modificarea sarcinii antropice în oraș (majorarea de câteva ori a emisiilor auto) trebuie să se reflecte asupra configurației și compoziției elementelor în anomaliile pedogeochimice din oraș. Deplasarea centrelor anomaliilor înregistrate prin maximele producției industriale în solurile din oraș [8] la fel trebuie să fie însoțite de modificările asociațiilor paragenetice a metalelor-poluanți. Evaluarea stării ecogeochimice moderne din oraș trebuie să ia în calcul aspectele conservative de poluare din perioadele anterioare.

În această lucrare s-a încercat prezentarea unei caracteristici informative pedogeochimice a or. Chișinău din perioada de vârf a activității producerii industriale asupra mediului în anii 1980-1990. Această caracteristică cu parametrii în cauză, poate fi utilizată la evaluarea dinamicii modificării situației ecologice din oraș, în calitate de indicator istoric de referință.

Materiale și metode

Recoltarea probelor de sol din or. Chișinău s-a efectuat pe parcursul anilor 1989-1990 [8], luând în calcul două grupe de obiective: întreprinderi industriale și instituții educaționale (școli și grădinițe). În acest aspect cele două grupe de obiective au fost analizate ca surse de poluare (întreprinderi industriale) și cartiere locative, ca sectoare foarte sensibile la poluare. Au fost recoltate probe de pe teritoriile a 45 de întreprinderi și 79 instituții educaționale.

Eșantioanele de sol au fost prelevate de la suprafață (0-5 cm) cu ajutorul unui șpaclu și plasate în recipiente de polietilenă. În laborator eşantioanele de sol au fost mărunțite cu ajutorul mojarului, trecute prin sită cu orificiile de ~ 1 mm, arse în mufă la temperaturi de 450-500° C și trecute în formă de pulbere prin mărunțire în puiă de agat. Metalele în aceste probe de sol au fost determinate prin metoda spectrală de emisie la aparatul DFS-13.

Pentru evaluarea pragului conținutului elementelor în punctul de prelevare, s-a utilizat coeficientul de concentrație $Kc = C/C_f$, unde C – concentrația elementului în punctul de prelevare, C_f - concentrația de fond a elementului. Pragul anomaliei a fost acceptat valoarea $Kc = 1,5$ [7]. Analiza statistică a fost efectuată utilizând programul Statistica. [9].

Rezultate și discuții

Indicii nivelului de poluare a solurilor întreprinderilor industriale demonstrează o diferențiere semnificativă atinsă pentru unele elemente (de exemplu pentru cupru) (tab.1). Diferența mare între concentrațiile metalelor în solurile teritoriilor industriale, probabil este legată de diferența mare în profilul lor de activitate.

Lista întreprinderilor supuse studiului la sfârșitul anilor 80, includea uzine siderurgice, constructoare de mașini și aparate, prelucrarea metalelor, materialelor de construcție, industria chimică, industria ușoară și alimentară, energia electrică. Toate aceste întreprinderi aveau specificul lor, cu referire la procesul tehnologic, utilizând diverse substanțe și materiale pentru a obține produsul finit. Valoarea medie a Kc a metalelor studiate în solurile întreprinderilor industriale, în majoritatea cazurilor (cu excepția vanadiului), depășea considerabil sau de multe ori nivelul de anomalie ($Kc > 1.5$).

Indicele sumar al poluării solurilor (Zc) din zonele industriale, la fel au arătat variații considerabile între unele întreprinderi (14-15383, media fiind 793). Conform valorii medii a Zc , solurile din oraș trebuie să fie plasate la cele cu un nivel de poluare extrem de periculos. Conform autorilor [10] valoarea $Zc > 128$ contribuie la majorarea îmbolnăvirilor la copii, dereglării funcției reproductive la femei etc. În acest sens solurile întreprinderilor din or. Chișinău reprezentau obiective foarte periculoase și surse de poluare. Însă pentru caracteristica pericolului de poluare a unei suprafețe anumite, valoarea medie a Zc este puțin informativă. Trebuie de luat în calcul valoarea medianei Zc , care pentru Chișinău, la sfârșitul anilor 80 era aproximativ 160, cu alte cuvinte la jumătate de întreprinderi coeficientul poluării totale era mai mare decât această valoare. Datele noastre, referitor la nivelul de poluare a teritoriilor industriale ale orașului arătau, că 72% din întreprinderile industriale se caracterizau printr-un nivel foarte înalt de poluare a solurilor [8].

Tabelul 1

Valorile variabilei conținuturilor și coeficienților de concentrație ale metalelor în sol pe teritoriile întreprinderilor industriale și a instituțiilor educaționale (date prelucrate din [8]).

Elementul	Concentrația de fond mg/kg	Zona industrială		Instituții educaționale	
		Șirul Kc	Media Kc/mg kg ⁻¹	Șirul Kc	Media Kc/mg kg ⁻¹
Ni	68	0-15	3/204	0.3-2	0.8/54
Cr	80	1-113	12/960	0.3-3	1.4/112
Pb	19	1-368	39/741	1.1-32	3.4/65
Mo	3	1-57	5/15	0.7-10	0.8/2.4
Sn	11	1-227	13/143	0.2-6	1.1/12
V	108	0-7	1/108	0.2-21	1.5/162
Cu	35	1-14286	486/17010	0.9-23	5.3/185
Co	11	0-273	10/110	0.5-9	1.3/14
Zn	60	2-300	31/1860	0.3-533	12.0/720
Ag	1	1-850	64/64	0.5-11	1.7/109
Sb	1	1-2000	88/88	1-10	1.5/132
W	2	1-500	42/84	1-25	1.6/3.2
Sr	100	0-70	12/1200	1-25	2.3/230

Poluarea solurilor de pe teritoriile instituțiilor educaționale erau într-o măsură mai mică față de teritoriile întreprinderilor industriale, cu excepția conținutului de zinc (tab.1). Valorile *Kc* în aceste soluri deseori erau mai mici decât 1, adică conținutul metalelor nu depășea concentrația de fond.

Indicele sumar de poluare a solurilor din instituțiile educaționale varia între 1 și 522, în medie - 24 [8]. Conform indicelui mediu *Zc*, teritoriile instituțiilor educaționale se caracterizează printr-un nivel mediu de pericol. Însă valoarea medianei este mai mică de două ori -12, aproape jumătate din teritoriile instituțiilor educaționale din oraș solurile se caracterizează printr-un nivel acceptabil de poluare. Conform datelor anterior publicate, 68% din teritoriile instituțiilor educaționale nivelul de poluare cu metale nu depășea nivelul limită de concentrație [8].

Impactul întreprinderilor industriale asupra cartierelor locative este greu de evaluat, fără o cartare detaliată a teritoriului orașului, care ar permite urmărirea deplasării factorilor de poluare în afara zonelor industriale. Studiul de suprafață pe care l-am efectuat și care includea mai puțin de trei probe la 1 km² din teritoriul orașului nu ne-a permis să înregistrăm direcția de propagare a acestor surse de poluare de la întreprinderile industriale. Însă un tablou mai general despre natura și deplasarea poluanților în oraș îl poate da analiza comparativă a spectrelor solurilor în sursele de poluare și teritoriile supuse acțiunii antropice, din partea acestor surse. Spectrele poluării solurilor întreprinderilor industriale și instituțiilor educaționale, comparativ cu spectrul de fond în solurile din centrul Moldovei, sunt prezentate în figura 1. Din figură se observă, că distribuția metalelor în solurile celor două zone studiate au o configurație asemănătoare, cu toate că corelarea între ele este mică ($r=0.27$; $p<0,05$; $n=13$). Două metale, cupru și wolframul nu corelează în spectrele geochimice. În cazul wolframului se poate explica prin utilizarea îngustă a acestui metal în producerea industrială, iar a cuprului se poate explica prin utilizarea lui pe larg în diverse produceri industriale. Concentrația ridicată de zinc în sectoarele locative, probabil, este legată de utilizarea acestui metal în elementele de construcție a clădirilor locative sub formă de oțeluri zincate.

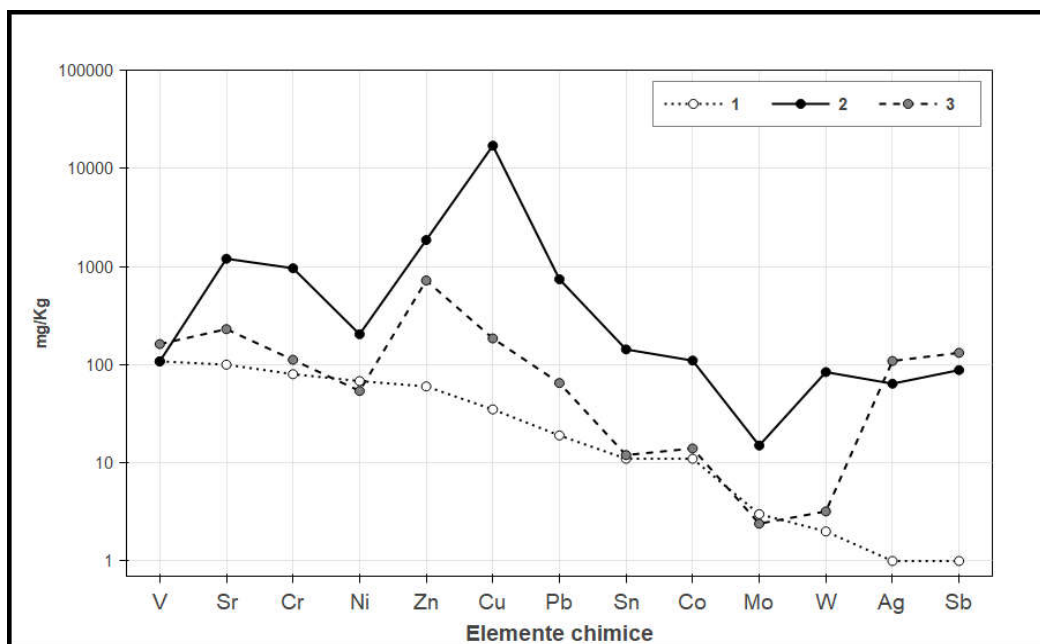


Figura 1. Spectrele geochimice a conținutului de metale în solurile Moldovei:
1-teritoriul de fond, 2-întreprinderi industriale 3-instituții educaționale (școli, grădinițe).

Pentru o evaluare mai informativă a poluării din zonele industriale și pe teritoriile instituțiilor educaționale a fost utilizată analiza statistică cu parametri multipli a componentelor principali (PCA). Această analiză a grupelor de soluri din zonele industriale au permis evidențierea a două componente principale, care împreună fac claritate în cele 41,6% din toate variațiile datelor (tab. 2). Componentul principal (PC1) a prezentat 27 % din variații și a cuprins *Ni*, *Sn*, *Cu* și *Zc* (fig. 2). Aceasta poate fi interpretată ca o mărturie a unui proces unic, care controlează distribuția acestor elemente, care corelează mult cu parametrul sumar *Zc*.

Tabelul 2

Valorile variabilei primelor două componente principale pentru
Sr, *V*, *W*, *Sb*, *Mo*, *Cr*, *Ni*, *Sn*, *Cu*, *Ag*, *Zn*, *Co*, *Pb*, *Sr* și *Zc*.

Elementul	PC1	PC2
<i>Ni</i>	0.7	-0.1
<i>Cr</i>	0.5	0.7
<i>Pb</i>	0.2	0.4
<i>Mo</i>	0.4	-0.4
<i>Sn</i>	0.7	0.1
<i>V</i>	0.0	-0.1
<i>Cu</i>	0.9	0.1
<i>Co</i>	0.3	0.2
<i>Zn</i>	0.5	0.5
<i>Ag</i>	0.5	0.4
<i>Sb</i>	0.3	-0.6
<i>W</i>	0.1	-0.5
<i>Sr</i>	-0.1	0.4
<i>Zc</i>	0.9	0.1

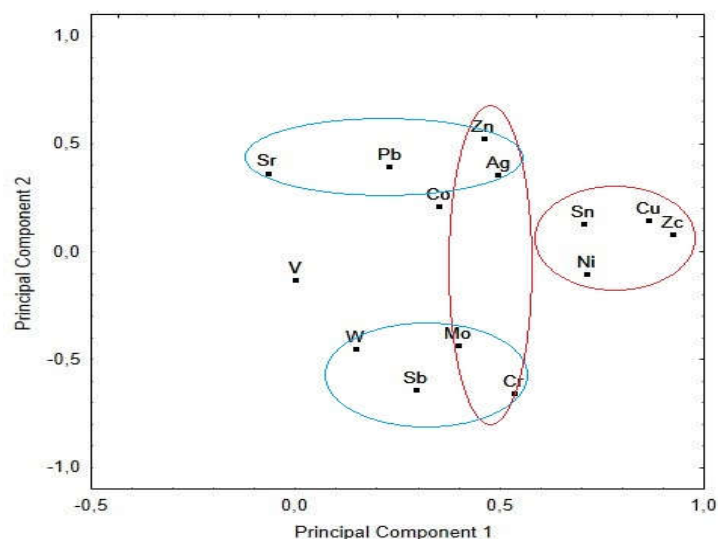


Figura 2. Densitatea distribuției PCA a primelor componente principale, pentru *Sr, V, W, Sb, Mo, Cr, Ni, Sn, Cu, Ag, Zn, Co, Pb, Sr* și *Zc*.

Metalele *Cr, Mo, Zn, Ag* la fel au demonstrat o sarcină considerabilă în *PC1* (0.4-0.5), fapt ce ne permite să concluzionăm, că aceste elemente pot fi unite într-o grupă comună, fiind condiționate de natura și sursa lor comună. Componentul principal (*PC2*) ne prezintă 14,6% din toate variațiile și caracterizează pe cele secundare, care au o importanță secundară la distribuția metalelor. *Cr, Mo, Sb* și *W* au demonstrat valori negative *PC2* (-0.4 până la -0.7), pe când *Pb, Zn, Ag* și *Sr* au arătat valori pozitive (0.4 – 0.5), demonstrând, că elementele acestor două grupe se acumulează în soluri din diverse surse.

Pentru teritoriile instituțiilor educaționale două componente principale împreună caracterizează 37,2% din toate variațiile valorilor numerice (tab. 3). *PC1* a prezentat 20,4% din toate variațiile și a unit *Pb, V, Cu, Zn* și parametrul sumar *Zc* (fig. 3). *PC2* a prezentat 16,8% din toate variațiile numerice și este reprezentat prin *Sb* și *W*. Celelalte metale nu se asociază în grupe bine evidențiate.

Tabelul 3

Valorile variabilei primelor două componente principale pentru *Sr, V, W, Sb, Mo, Cr, Ni, Sn, Cu, Ag, Zn, Co, Pb, Sr* și *Zc*.

Elementul	<i>PC1</i>	<i>PC2</i>
<i>Ni</i>	-0.2	-0.1
<i>Cr</i>	0.0	-0.3
<i>Pb</i>	-0.9	-0.3
<i>Mo</i>	-0.1	0.5
<i>Sn</i>	-0.2	0.1
<i>V</i>	-0.7	-0.2
<i>Cu</i>	-0.7	-0.1
<i>Co</i>	0.0	0.1
<i>Zn</i>	-0.5	-0.3
<i>Ag</i>	-0.4	0.4
<i>Sb</i>	-0.3	0.8
<i>W</i>	-0.3	0.8
<i>Sr</i>	-0.1	0.4
<i>Zc</i>	-0.7	-0.2

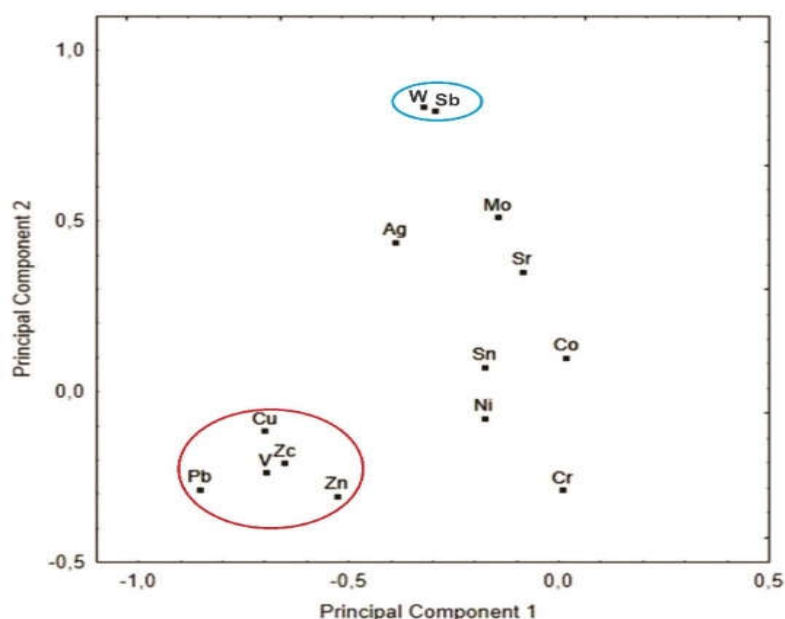


Figura 3. Densitatea distribuției PCA a primelor componente principale, pentru *Sr, V, W, Sb, Mo, Cr, Ni, Sn, Cu, Ag, Zn, Co, Pb, Sr* și *Zc*.

Distribuția metalelor în graficele PCA ne permite să facem câteva concluzii principale despre natura poluării solurilor orașului cu metalele studiate. Pentru zonele industriale ale orașului este caracteristic lipsa unei poluări cu un grup de metale strict evidențiate. Acest fapt este probabil condiționat de două particularități ale industriei orașului la etapa de vârf al dezvoltării sale. Particularitatea amplasării întreprinderilor industriale, care aveau un caracter pestriț, întreprinderile nu erau grupate în zone industriale, care să fie amplasate în afara zonei locative, dar erau amplasate în majoritatea sectoarelor orașului. Alt factor al lipsei unei astfel de grupe, este un spectru larg de procese tehnologice la întreprinderi ce utilizau diverse materiale și în urma acestora erau eliminate în mediul înconjurător poluanți de metale specifice. Pe teritoriile grădinițelor de copii, grupul evidențiat de cupru, zinc și plumb, confirmă prezența spectrului clasic orășenesc, legat mai mult de factorul locativ decât de acțiunea factorului industrial asupra mediului.

Concluzii

Solurile sectoarelor industriale ale orașului Chișinău în perioada de vârf a dezvoltării industriale se caracterizau printr-o poluare înaltă cu metale. Teritoriile instituțiilor educaționale, în aceeași perioadă, suportau o presiune antropică cu mult mai mică. În pofida faptului că nivelul poluării cu metale pe ambele tipuri de teritorii, ele au o configurație asemănătoare, comparativ cu spectrul concentrațiilor de fond ale metalelor în solurile Moldovei.

Analiza statistică multiparametrică a componentelor de bază arată o dispersie majoră a variației conținutului de metale în solurile de pe teritoriile întreprinderilor industriale. Această dispersie este determinată de profilul îngust al întreprinderilor industriale și amplasarea lor în teritoriu. Teritoriile instituțiilor educaționale se caracterizează prin asocierea paragenetică a metalelor, tipică în cazul presiunii antropice locative și de transport.

Diminuarea activității industriale, reprofilarea fostelor teritorii industriale și majorarea intensității fluxului de transport în oraș în ultimii 30 de ani, ar fi trebuit să ducă la o modificare majoră a spectrului și amplasarea spațială a poluanților. Informația despre starea ecogeochimică este necesară de a fi înnoită, în scopul planificării reconstrucției moderne și științific argumentată a teritoriului orașului.

Bibliografie

1. Wang X. S.; Qin Y.; Sang S. X. 2005. Accumulation and sources of heavy metals in urban topsoils: a case study from the city of Xuzhou, China. *Environmental Geology*, 2005, vol. 48, No. 1, p. 101–107.
2. Qadir A., Malik R. N., & Husain S. Z. Spatio-temporal variations in water quality of Nullah Aik-tributary of the river Chenab, Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, 140 (1-3), p. 43–59.
3. Chen T.-B.; Zheng Y.-M.; Lei M.; Huang Z.-C.; Wu H.-T.; Chen H.; Fan K.-K., Yu K.; Xiao W.; Tian Q.-Z. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, 2005, 60 (4), p. 542–551.
4. Kelly J., Thornton I., Simpson P.R. Urban geochemistry: a study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and non-industrial areas of Britain. *Applied Geochemistry*, 1996, 11 (1–2), p. 363 – 370.
5. CONAMA 2009. Resolução Nº 420, de 28 de Dezembro de 2009, DOU nº 249 , p.81-84.
6. Mirlean N; Gripp M. L. R. Geochemical mapping and environmental indexing of an urban area (Rio Grande, RS). *Rio de Janeiro: Geochimica Brasiliensis*, 2018, v.32, p.199 - 208.
7. Саєт Ю.Е., Ревич. Б.А., Янин Е.П., и др. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра, 1990. 335 с.
8. Мырлянь Н.Ф., Морару К.Е., Настас Г.И. Эколого-геохимический атлас Кишинева. Кишинев: Штиинца, 1992. 114 с.
9. Jonson R.A. & Wichern D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1992, 3rd ed. 642 p.
10. Ревич. Б.А., Саєт Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорокина Р.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. Москва: ИМГРЭ, 1982. 111 с.

Primit la redacție – 10/10/2019