

Anna PASIECZNA

Państwowy Instytut Geologiczny

00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4

NATURALNE I ANTROPOGENICZNE CZYNNIKI ZANIECZYSZCZENIA GLEB MIEJSKICH

Streszczenie. W pracy przedstawiono rolę czynników geogenicznych i antropogenicznych w zanieczyszczeniu As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S i Zn gleb miejskich w Polsce. Oszacowano wielopierwiastkowe wzbogacenie oddzielnie dla gleb z dwu zakresów głębokości (0,0-0,2 m oraz 0,4-0,6 m) w wybranych miastach Polski w stosunku do regionalnego tła geochemicznego, a różnicę sumarycznych wskaźników wzbogacenia między poziomem górnym i dolnym (stanowiącą w przybliżeniu udział czynników antropogenicznych w zanieczyszczeniu powierzchniowych gleb miejskich) zilustrowano w postaci kartograficznej.

NATURAL AND ANTHROPOGENIC POLLUTION FACTORS OF URBAN SOILS

Summary. The paper presents of anthropogenic and geogenic factors for urban soils pollution in Poland by As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S and Zn. Summary multi-element enrichment factors in two soil layers (0.0-0.2 m and 0.4-0.6 m) were evaluated for selected towns in relation to regional geochemical background. The results of the subtraction of the summary multi-element enrichment factors between surface and lower horizons (approximate share of anthropogenic factors in surface urban soils pollution) for particular towns are presented in a cartographic form.

Wstęp

Badane gleby obszarów miejskich według systematyki Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego mogą być zaliczone do rzędu gleb industrio- i urbanoziemnych [11] obejmujących utwory przeobrażone wskutek oddziaływania przemysłu, środków transportu i zabudowy. Ich przekształcenia obejmują zarówno zmiany mechaniczne, jak i zanieczyszczenia chemiczne wywołane emisją gazów, pyłów i popiołów lotnych.

Pierwiastki toksyczne dla roślin i zwierząt skumulowane w glebach mogą pochodzić zarówno ze źródeł antropogenicznych (takich jak przemysł wydobywczy i metalurgiczny, transport, zrzuty ścieków), jak i naturalnych (wychodnie skał wzbogaconych w metale, złoża kruszców). Wzbogacenia naturalne związane ze składem skał macierzystych gleb niekiedy przekraczają kumulacje ze źródeł związanych z działalnością człowieka [1]. Podjęta próba oceny sumarycznego wzbogacenia gleb miejskich w As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn i S – powszechnie rozpraszanych ze źródeł antropogenicznych, ma na celu zwrócenie uwagi na miasta położone w różnych rejonach kraju, w których gleby zawierają wysokie zawartości

składników szkodliwych i powinny być poddane dalszym badaniom i remediacji. Analiza sumarycznego wzbogacenia gleb miejskich z dwu zakresów głębokości w te pierwiastki umożliwiła oszacowanie udziału czynników geogenicznych i antropogenicznych w ich zanieczyszczeniu.

Materiał, metody badań i sposób prezentacji wyników

Analizy As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S i Zn dla 2392 próbek gleb z wybranych miast Polski pobranych z dwu zakresów głębokości (0,0-0,2 m i 0,4-0,6 m) wykonano według metodyki [25].

Do oceny stopnia zanieczyszczeń gleb (czy innych środowisk - osadów strumieniowych, jeziornych, wód) konieczna jest znajomość naturalnych koncentracji pierwiastków w tych środowiskach – tło geochemiczne [21]. Jako miarę wartości tła w poszczególnych regionach Polski - prowincjach geochemicznych - przyjęto wartości median obliczone dla gleb z terenów nie zabudowanych w tych regionach korzystając z bazy danych „Atlasu geochemicznego Polski” [17]. Uwzględniono dwie prowincje południowe: Karpaty, Sudety i ich przedgórze (764 próbki) oraz oddzielnie - Górny Śląsk ze względu na jego specyfikę litologiczno-złożową (813 próbek), zaś pozostałą część Polski zaliczono do prowincji północnej – Nizy Polskiego (4945 próbek).

Badane próbki gleb miejskich przypisano również do wydzielonych prowincji geochemicznych kraju, a współczynniki ich wzbogacenia w poszczególne pierwiastki obliczano dla oddzielnych miast według wzorów:

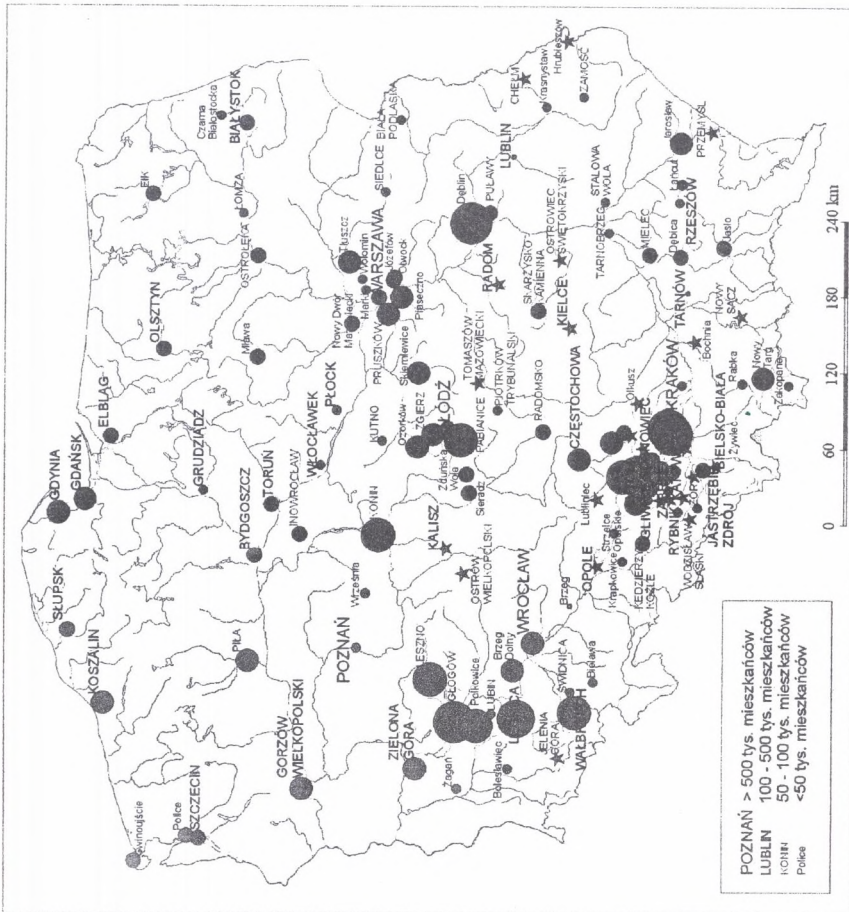
$$W_1 = m_1/m_r$$

$$\text{oraz } W_2 = m_2/m_r$$

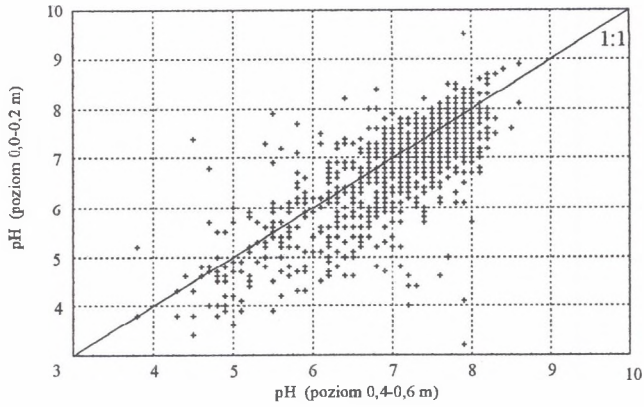
gdzie: (W_1) i (W_2) oznaczają odpowiednio współczynniki wzbogacenia gleb z głębokości 0,0-0,2 m oraz 0,4-0,6 m w dany pierwiastek, m_1 – wartość mediany danego pierwiastka w glebach z głębokości 0,0-0,2 m danego miasta, m_2 – wartość mediany danego pierwiastka w glebach z głębokości 0,4-0,6 m tego miasta, m_r – wartość tła geochemicznego danego pierwiastka w nie zanieczyszczonych glebach powierzchniowych regionu (prowincji) wyrażona jako mediana.

Wielopierwiastkowe wzbogacenie (wyrażone sumarycznymi wskaźnikami wzbogacenia ($\sum W_1$ oraz $\sum W_2$) obliczono oddzielnie dla obydwu poziomów głębokościowych gleb w poszczególnych miastach (dla As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S, Zn), a różnicę sumarycznych wskaźników wzbogacenia ($\sum W_1 - \sum W_2$), stanowiącą w przybliżeniu udział czynników antropogenicznych w zanieczyszczeniu gleb miejskich przedstawiono w postaci kartograficznej. Udział czynników antropogenicznych w zanieczyszczeniu gleb miejskich oszacowano odejmując sumaryczny wskaźnik wzbogacenia w metale i siarkę poziomu głębszego od podobnego wskaźnika dla gleb powierzchniowych. Różnicę dodatnią tych wskaźników dla poszczególnych miast przedstawiono w siedmiu klasach jako kartodiagramy kołowe, natomiast różnicę ujemną (większe wzbogacenie dolnej warstwy) zilustrowano w postaci gwiazdek (rys.1).

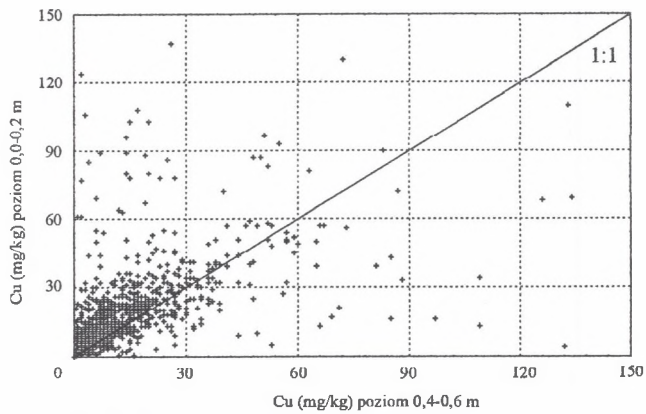
Porównanie koncentracji wybranych pierwiastków i odczynu w dwu zakresach głębokości gleb miejskich zilustrowano na diagramach (rys. 2-4).



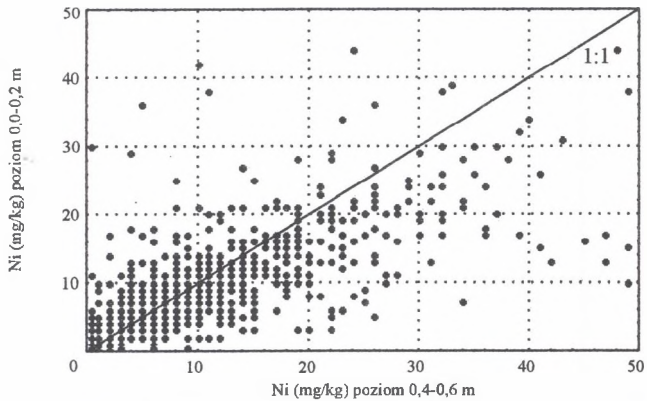
Rys. 1. Naturalne i antropogeniczne czynniki wzbogacenia gleb miejskich z warstwy 0,0-0,2 m w As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S i Zn
Fig. 1. Natural and anthropogenic enrichment factors of urban topsoils (0,0-0,2 m) by As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S and Zn



Rys. 2. Odczyn gleb miejskich
Fig. 2. Reaction of urban soils



Rys. 3. Zawartość miedzi w glebach miejskich
Fig. 3. Copper content in urban soils



Rys. 4. Zawartość niklu w glebach miejskich
Fig. 4. Nickel content in urban soils

Wyniki badań

Dodatnia wartość różnicy sumarycznych wskaźników wzbogacenia gleb, odzwierciedlająca kumulację pierwiastków w ich warstwach powierzchniowych, waha się w bardzo szerokich granicach (0,0-35,4) obrazując nasilenie procesów zanieczyszczających w znacznym stopniu wywołanych działalnością człowieka.

Do najmniej skażonych należą gleby warstwy 0,0-0,2 m w Brzegu, Lublinie i Tarnowie (rys.1). Najliczniejszą grupę stanowią miasta o glebach nieznacznie zanieczyszczonych antropogenicznie lub dziedziczących metale po skałach macierzystych (wzbogacone w sposób naturalny) w wyniku lokalizacji miast na utworach gliniastych (często na glinach wysoczyzn morenowych) o znacznym udziale frakcji ilastych. W tej grupie mieszczą się zarówno największe aglomeracje kraju (Warszawa, Łódź, Poznań, Kraków), jak i wiele mniejszych miast. W grupie miast największych gleby zanieczyszczone są głównie miedzią, cynkiem i ołowiem, a wartości współczynników wzbogacenia w poszczególne pierwiastki znacznie się różnicują dla poszczególnych ośrodków. Zawartości badanych pierwiastków zbliżone do poziomu regionalnego tła geochemicznego występują w glebach z obydwu zakresów głębokości małych miast w sąsiedztwie Warszawy (Marki i Józefów), a także w Łomży, Puławach, Czarnej Białostockiej, Świnoujściu, ale też niektórych miastach Górnego Śląska – Rybniku, Żorach i Gliwicach. Wzbogacenie gleb poziomu powierzchniowego tych miast w pierwiastki toksyczne praktycznie zanika na głębokości 0,4-0,6 m.

Silny wpływ procesów antropogenicznych (głównie zakładów metalurgicznych) na kumulację pierwiastków w glebach zaznacza się w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (Głogów, Legnica, Polkowice). W miastach regionu śląsko-krakowskiego oddzielenie roli czynników antropogenicznych i geogenicznych w kumulacji pierwiastków szkodliwych jest niezwykle trudne. Gleby warstwy powierzchniowej miast położonych na podłożu węglanowych skał triasowych (Olkusz, Jaworzno) kumulują pierwiastki szkodliwe z powodu ich wysokich koncentracji w skałach macierzystych. W innych ośrodkach tego regionu leżących na podłożu ilasto-piaszczystych skał karbonu (Świętochłowice, Chorzów, Ruda Śląska, Dąbrowa Górnicza) czynniki geogeniczne nie zaznaczają się wyraźnie, przypuszczalnie ze względu na występowanie gruntów nasypowych o znacznej miąższości. Na koncentrację pierwiastków w glebach z obydwu badanych zakresów głębokości znacznie większy wpływ wywiera tu działalność człowieka. Do bardzo wysokich należy kumulacja miedzi, cynku, kadmu, ołowiu i arsenu w glebach warstwy powierzchniowej w Trzebinii, co wiązać można z długotrwałą działalnością huty metali nieżelaznych, rafinerii „Trzebinia” i elektrowni „Siersza” oraz historycznym górnictwem ołowiu i srebra. W ośrodkach położonych na skałach ilasto-piaszczystych wieku trzeciorzędowego lub czwartorzędowego (Knurów, Czerwionka-Leszczyny, Wodzisław) ważniejszą rolę w kumulacji pierwiastków można wiązać z czynnikiem geogenicznym.

Doskonałym przykładem presji antropogenicznej są gleby Konina, rozwinięte na utworach czwartorzędowych ubogich w metale na głębokości 0,4-0,6 m, lecz gromadzące miedź, nikiel, cynk, ołów i siarkę w warstwie powierzchniowej na skutek emisji zespołu elektrowni opalanych węglem brunatnym.

W obrazie kartograficznym znaczna przewaga czynników antropogenicznych wyraźnie zaznacza się w miastach aglomeracji warszawskiej i łódzkiej oraz Gdyni i Gdańska.

Przewaga czynników naturalnych (geogenicznych) w kumulacji metali, arsenu i siarki występuje w glebach prawie jednej czwartej prezentowanych miast (23%). Są to miasta zlokalizowane zarówno na Lubelszczyźnie (Chełm i Hrubieszów), w Polsce centralnej (Kalisz, Ostrów Wielkopolski, Tomaszów Mazowiecki, Radom, Kielce, Ostrowiec Świętokrzyski), jak i na południu kraju (Bochnia, Nowy Sącz, Przemyśl i inne). W Sudetach przewagą czynników geogenicznych we wzbogaceniu gleb miejskich w analizowane

pierwiastki wyróżniają się Jelenia Góra i Wałbrzych. Przypuszczalnie również w Opolu, Bielsku-Białej i Pszczynie wzbogacenie w metale gleb warstwy powierzchniowej gleb nastąpiło w wyniku czynników naturalnych.

Czynniki antropogeniczne (przede wszystkim opad pyłów ze spalania paliw) decydują o obojętnym lub zasadowym charakterze większości gleb miejskich z obydwu poziomów głębokości. Zjawisko alkalizacji gleb obserwowane w miastach Polski [9, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20] występuje również w wielu ośrodkach miejskich na świecie [2, 3, 5].

Diagram wartości pH (rys. 2) ilustruje bardzo dobrą korelację tego parametru dla warstwy powierzchniowej i głębszej gleb miejskich oraz przewagę gleb o odczynie alkalicznym w zakresie głębokości 0,4-0,6 m. Pyły obfitujące w związki wapnia i magnezu neutralizują działanie kwaśnych deszczy. Zjawisko alkalizacji nasilające się ze wzrostem wielkości miast i głębokością ma korzystne działanie z punktu widzenia zdolności gleby do wiązania metali ciężkich i ich zatrzymywania w fazie stałej, gdyż sorpcja tych pierwiastków zwiększa się w miarę wzrostu pH oraz zawartości części ilastych i materii organicznej. Z drugiej strony – pyły te zawierają również metale ciężkie kumulujące się szczególnie przy powierzchni gleb [4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

W badanych glebach z zakresu głębokości 0,0-0,2 m największą kumulację wykazują miedź (rys. 3), a także ołów, cynk i kadm. Rozrzut punktów na diagramie zawartości miedzi (jak również ołowiu i cynku nie prezentowanych w tej pracy) wskazuje na słabą korelację tych pierwiastków między zawartościami w poziomach powierzchniowym i głębszym gleb. Zjawisko to wiąże się przypuszczalnie z różnorodnością czynników antropogenicznych powodujących ich nagromadzenie w przypowierzchniowych warstwach [26, 31].

Porównanie wyników oznaczeń niklu (rys. 4) jest przykładem dobrej korelacji zawartości tego pierwiastka w analizowanych zakresach głębokości oraz przewagi gleb bogatszych w nikiel w warstwie głębszej, co wiązać można z geogenicznymi źródłami Ni (oraz chromu) w glebach miejskich Polski.

Podsumowanie

Zawartość badanych pierwiastków w glebach miejskich warstwy powierzchniowej i warstwy 0,4-0,6 m zmienia się w szerokich granicach, w zależności zarówno od ich ilości odziedziczonych po skałach macierzystych, jak i skoncentrowania aktywności urbanizacyjno-przemysłowej i transportu. Generalnie zawartości metali ciężkich i innych pierwiastków toksycznych w glebach miejskich są od dwu do kilkunastu razy wyższe niż na przyległych terenach nie zabudowanych [3, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 27, 28, 29].

Porównanie koncentracji i rozkładów poszczególnych pierwiastków w glebach miast pobranych z dwu zakresów głębokości na terenie całej Polski wskazuje na wyraźne i powszechne wzbogacenie gleb poziomu powierzchniowego w miedź, ołów, cynk, rtęć i siarkę, rozpraszanych z różnorodnych źródeł antropogenicznych, wśród których najważniejszą rolę można przypisywać spalaniu paliw i emisjom ze środków transportu.

Kumulacja As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, S i Zn (przy zróżnicowanych poziomach zawartości) odbywa się głównie na skutek działalności człowieka, czego dowodem jest fakt, że zaznacza się zarówno w glebach miast na południu kraju (rozwinętych na skałach magmowych i metamorficznych w Sudetach, na utworach formacji węglonośnych i dolomitach kruszczośnych Górnego Śląska, skał fliszowych w Karpatach i ilastych na ich przedpolu) jak i na obszarze Niżu Polskiego, gdzie skałami macierzystymi gleb są utwory polodowcowe, rzeczne i eoliczne (głównie piaski, gliny, mulki, ropy i namuły). W glebach miejskich z głębokości 0,4-0,6 m zawartości miedzi, ołowiu, cynku, rtęci i siarki ulegają redukcji (poza obszarami mineralizacji kruszcowej i rejonami zakładów przemysłowych). W glebach niektórych miast Podkarpacia, Wyżyny Lubelskiej i Dolnego Śląska oraz miast

północnych rejonów kraju zlokalizowanych na utworach gliniastych, w niższym poziomie zaznacza się wzbogacenie w pierwiastki pochodzenia geogenicznego – chrom i nikiel.

LITERATURA

1. Alloway B.J., Ayres D.C.: Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska. PWN, Warszawa 1999, s. 423.
2. Birke M., Rauch U.: Geochemical investigation in the urban area of Berlin. Federal Institute of Geosciences and Natural Resources. Berlin. Germany. 1994, pp.19.
3. Birke M., Rauch U., Helmert M.: Umweltgeochemie des Ballungsraumes Berlin-Schöneeweide. Teil 1: Bearbeitungsmethodik – Elementverteilung in Böden und Grundwassern. Z. Angew. Geol. 38,2, 1992, 57-66.
4. Bitjukova L., Shogenova A., Birke M.: Urban geochemistry: A study of element distributions in the soils of Tallin (Estonia). Environ. Geoch & Health, 22 (2) 2000, 173-193.
5. Chirenje T., Ma L., Q., Zillioux E.J.: Determining arsenic distribution in urban soils: a comparison with nonurban soils. Sci. World J. 2, 2002, 1404-1417.
6. Culbard, E. B., Thornton I., Watt J., Wheatley M., Moorcroft S., Thompson M.: Metal contamination in British urban dusts and soils. J. Environ. Qual., 17, 1988, 226-234.
7. Czarnowska K., Gworek B.: Zanieczyszczenie kadmem gleb Warszawy. Roczn. Glebozn. T. 39 nr 4, 1988, 129-133.
8. Czarnowska K., Gworek B.: Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy. Roczn. Glebozn. t. 42 nr ½, 1991, 49-56.
9. Czarnowska K., Gworek B., Kozanecka T., Janowska E.: Spatial distribution of heavy metals in soils and soil pH in Warsaw area. Pol. Ecol. Stud. t. 9, nr 1-2, 1983, 63-79.
10. Czarnowska K., Gworek B., Majchrzak B.: Spatial distribution of lead, zinc, copper and manganese in Pabianice soils. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Agricult. 24, 1992, 27-32.
11. Dobrzański B., Zawadzki S., (red.): Gleboznawstwo. Państw. Wyd. Roln. i Leśne, Warszawa 1993, s. 562.
12. Faber A., Niezgodna J.: Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych w pobliżu huty cynku i ołowiu. Roczn. Glebozn. t. 33, ½, 1982, s. 93-106.
13. Komornicki T., Oleksynowa K.: Zawartość ołowiu i cynku w glebach Plant krakowskich. Roczn. Glebozn. t. 40 nr 2, 1989, s. 213-226.
14. Lenartowicz L.: Atlas geochemiczny Kielc 1: 50 000. Państw. Inst. Geol. Oddz. Świętokrzyski. Kielce 1994.
15. Lenartowicz L.: 2001 – Atlas geochemiczny Częstochowy i okolic 1: 100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa 2001.
16. Lis J.: Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1: 100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa 1992.
17. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000, Państw. Inst. Geol., Warszawa 1995a.
18. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej 1: 100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa 1998a.
19. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny aglomeracji szczecińskiej 1: 200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa 1998b.
20. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Pobrzeża Gdańskiego 1: 250 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa 1999.

21. Lis J., Pasieczna A.: Tło geochemiczne i anomalie w środowiskach powierzchniowych Ziemi w Polsce. Zesz. Nauk. Polit. Śl. 1512, Górnictwo z. 248, 2001, s. 123-128.
22. Manecki A.: Badania modelowe geochemicznych zmian środowiska na objętych antropopresją obszarach Puszczy Niepołomickiej, Krakowa i Skawiny. Sozologia na obszarze antropopresji - przykład Krakowa. Przewodnik III Konferencji Sozologicznej. Kraków, 23-24 kwietnia 1993, 27-30.
23. Manecki A., Kłapyta Z., Schejbal-Chwastek M., Skowroński A., Tarkowski J., Tokarz M.: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń atmosfery na zmiany geochemii środowiska przyrodniczego Puszczy Niepołomickiej. Prace Miner. Kom. Nauk Miner. PAN Oddz. w Krakowie 71, 1981, s. 58.
24. Marchwińska E., Kucharski R.: Stan i prognoza zanieczyszczenia metalami gleb uprawnych województwa katowickiego. Ochrona Środowiska 1, 1990, s. 115-124.
25. Pasieczna A.: Ołów w glebach wybranych miast w Polsce. Zesz. Nauk. Polit. Śl. 1512, Górnictwo z. 248, 2001, s. 135-141.
26. Paterson E., Sanka M., Clark L.: Urban soils as pollutant sinks – a case study from Aberdeen, Scotland. Appl. Geoch. 11 (1/2), 1996, 129-131.
27. Šajn R., Bidovec M., Andjelov M., Pirc S., Gosar M.: Geochemical atlas of Ljubljana and environs. Institute for Geology, Geotechnics & Geophysics. Ljubljana 1998. 33 pp, 37 maps.
28. Taraškevičius R.: Ecogeochemical anomalies in Vilnius, Žirmūnai. Institute of Geology. Vilnius 1996, pp.21.
29. Taraškevičius R.: Atmogeochemical anomalies in Alytus. Institute of Geology. Vilnius 1997, pp.18.
30. Thornton I., Culbard E.: Metals in urban dusts and soils. Environ. Tech. Lett. 6, 1985, 137-144.
31. Xiangdong Li., Chi-Sun P., Pui Sum L.: Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. Appl. Geoch. 16, 2001, 1361-1368.

Recenzent: Dr hab. inż. Anna Patrzalek

Abstract

The paper presents the anthropogenic and geogenic factors for urban soils pollution in Poland by As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S and Zn. Summary multi-element enrichment factors in two soil layers (0.0-0.2 m and 0.4-0.6 m) were evaluated for selected towns in relation to regional geochemical background. The results of the subtraction of the summary multi-element enrichment factors between surface and lower horizons (approximate share of anthropogenic factors in surface urban soils pollution) for particular towns are presented in a cartographic form (Fig.1). Different tendencies of some elements cumulation were analysed for two soil horizons (Fig. 2-4).