

KRYSTYNA CZARNOWSKA

METALE CIĘŻKIE W GLEBACH ZIELEŃCÓW WARSZAWY

Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie

WSTĘP

Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Warszawie są środki transportu i komunikacji, które odpowiadają aż w 70–80% za zanieczyszczenia zarówno gazami, jak i pyłami. Pyły zawierają m.in. takie metale ciężkie, jak: cynk (Zn), miedź (Cu), ołów (Pb), kadm (Cd), mangan (Mn), chrom (Cr), żelazo (Fe) i inne [Lisicka, Oziębło 1977]. Zanieczyszczenia metaliczne przenikają do gleb i roślin wraz z opadami atmosferycznymi, a także z opadem suchym i w ten sposób przechodzą do różnych ogniw łańcucha pokarmowego. Metale ciężkie występujące w środowisku przyrodniczym w nadmiernych ilościach powodują zaburzenia we wzroście i rozwoju roślin oraz zwierząt, a w efekcie pośrednio lub bezpośrednio wpływają na zdrowie człowieka. Kadm i ołów należą do metali silnie toksycznych dla zwierząt i ludzi.

Katedra Gleboznawstwa SGGW prowadzi od 1972 roku badania dotyczące zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb różnie użytkowanych na terenie Warszawy [Czarnowska 1974, 1978, Czarnowska, Konecka-Betley 1977, Czarnowska i in. 1983, Czarnowska, Gworek 1987, 1988, 1991, Dobrzański i in. 1975, Pichtel i in. 1997]. W badaniach tych wykazano dominujący wpływ zanieczyszczeń komunikacyjnych na akumulację metali ciężkich w glebach zieleńców przyulicznych, obrzeży parków i ogrodów działkowych. Wraz ze zwiększaniem się odległości od ruchliwych tras i ulic zmniejszało się na ogół zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi.

W roku 1997 wykonano ponownie oznaczenia metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb niektórych zieleńców Warszawy. Uzyskane wyniki porównano z zawartością cynku, ołowiu, miedzi i kadmu w glebach zieleńców stolicy w roku 1977. Chodziło o to, aby zorientować się we wzroście zanieczyszczenia gleb wspomnianymi metalami w okresie dwudziestolecia.

MATERIAŁ I METODYKA

Badania zawartości metali ciężkich wykonano na powierzchniach leżących wzdłuż trzech tras komunikacyjnych. Pierwsza z tras – przecinająca miasto ze wschodu na zachód – przebiega od ul. Ostrobramskiej (Praga Południe-Śródmieście-Ochota) aż do terenów podmiejskich z uprawami warzywniczymi (Warszawa-Włochy). Druga to Trasa Łazienkowska (strona zachodnia), na odcinku od Al. Ujazdowskich do ul. Raszyńskiej. Część trasy przylega do Pola Mokotowskiego. Dodatkowo wytypowano powierzchnie położone przy ul. Batorego (odcinek zachodni) tuż przy Polu Mokotowskim oraz przy ul. Wołowskiej od strony ogrodów działkowych. Trzecia trasa, z pobocza której analizowano próbki glebowe, przebiega z północy na południe Warszawy. Glebę pobierano na odcinku od Pl. Narutowicza, wzdłuż ul. Grójeckiej i Al. Krakowskiej aż do obszarów rolnych (Falenty).

Należy nadmienić, że Trasa Łazienkowska została oddana do użytku w 1974 roku i założono, że jej przepustowość będzie wynosiła 4,0–4,5 tys. pojazdów na godzinę [Encyklopedia Warszawy 1994]. Według badań Zarządu Dróg Miejskich w Warszawie (marzec-kwiecień 1997 r.), przez Most Łazienkowski w godzinach popołudniowego szczytu przejeżdża około 9650 pojazdów na godzinę, zaś przez Rondo Jazdy Polskiej (nad trasą) – 2086 pojazdów na godzinę. W tym samym czasie co Trasa Łazienkowska została oddana do użytku ul. Batorego.

Z powierzchni wytypowanych w 1997 roku pobierano próbki glebowe z dwóch miejsc, mianowicie z trawnika przy jezdni (około 2 m od krawężnika) oraz z miejsca oddalonego o 100 m od jezdni (park, skwer, pole uprawne). Glebę pobierano z czterech miejsc z danej powierzchni z głębokości 0–10 cm. W ten sposób wyeliminowano w pewnym stopniu przypadkowość, wynikającą z mechanicznego przemieszczania warstw gleby w wyniku różnych robót inżynierskich i budowlanych [Czarnowska i in. 1983]. Łącznie pobrano 36 próbek glebowych.

Ogólną zawartość Zn, Pb, Cu i Cd oznaczono (po trawieniu gleby na gorąco 20% HCl) techniką atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (ASA), na aparacie Perkin Elmer 2100. Dodatkowo oznaczono wartość pH (elektrometrycznie) oraz procent węglanu wapnia (CaCO_3) metodą Scheiblera.

Badane gleby wykazują odczyn obojętny lub alkaliczny, a zawartość węglanu wapnia nie przekracza 4,6%.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Rozpatrując występowanie cynku, ołowiu, miedzi i kadmu w glebach antropogenicznych (tj. przekształconych przez człowieka), położonych przy ulicach i w parkach Warszawy, z reguły nieczęsto poddawanych zabiegom uprawowym, należy pamiętać o długotrwałym procesie akumulacji tych metali. Z wcześniejszych prac wynika, że metale w glebach o odczynie obojętnym lub alkalicznym i w obecności węglanu wapnia są w niewielkim stopniu przemieszczane do głębszych warstw profilu [Czarnowska 1978; Czarnowska, Konecka-Betley 1977, Czarnowska i in. 1983]. Dlatego też w niniejszych badaniach uwzględniono

TABELA 1. Zawartość Zn, Pb, Cu, Cd w glebach wzdłuż arterii komunikacyjnej Warszawy (Wschód-Zachód)*)

TABLE 1. Content of Zn, Pb, Cu, Cd in soils along traffic artery of Warsaw (East-West)

Lp.	Lokalizacja – Locality	pH KCl	CaCO ₃ [%]	Zn [mg/kg]	Pb	Cu	Cd
Ul. Ostrobramska							
1.	– przy ulicy – near street	6,9	2,23	101	114	25,1	1,84
2.	– 100 m od ulicy – from street	6,3	0,00	65	29	8,1	0,54
Al. Waszyngtona – działki							
3.	– przy ulicy – near street	7,3	4,60	245	272	154,4	2,71
4.	– 100 m od ulicy – from street	6,2	1,20	100	35	21,1	1,14
Al. Waszyngtona (Międzynarodowa)							
5.	– przy ulicy – near street	6,7	0,00	121	152	17,5	2,08
6.	– 100 m od ulicy – from street	7,2	0,00	113	30	17,2	0,76
Al. Waszyngtona (Saska)							
7.	– przy ulicy – near street	7,2	0,65	191	137	23,9	2,02
8.	– 100 m od ulicy – from street	6,8	0,54	94	33	20,4	0,81
Al. Waszyngtona (Zieleniecka)							
9.	– przy ulicy – near street	6,6	0,64	298	252	27,0	2,97
10.	– 100 m od ulicy – from street	6,4	0,00	114	95	20,0	1,70
Al. Jerozolimskie (Park-Muzeum WP)							
11.	– przy ulicy – near street	6,7	1,23	170	168	48,8	2,94
12.	– 100 m od ulicy – from street	6,8	3,02	113	44	18,6	2,61
Al. Jerozolimskie (Starynkiewicza)							
13.	– przy ulicy – near street	7,4	2,67	213	366	56,6	2,09
14.	– 100 m od ulicy – from street	6,0	0,00	217	106	51,5	1,17
Al. Jerozolimskie (Włochy)							
15.	– przy ulicy – near street	6,9	0,00	282	184	38,6	1,82
16.	– 100 m od ulicy – from street	7,9	0,95	200	110	25,2	0,65
Tło – Control		–	–	30	10	7,0	0,18

*Wyniki wg A. Milewskiej [1997]

zawartość metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleby (0–10 cm), pobranej z dwóch odległości od jezdni (2 i 100 m). Na tej podstawie można bowiem prześledzić wpływ zanieczyszczeń komunikacyjnych na przyległe tereny.

Ogólna zawartość cynku, ołowiu, miedzi i kadmu w rozpatrywanych glebach jest bardzo zróżnicowana (tab. 1–3). Należy podkreślić, że gleby antropogeniczne zieleńców przyulicznych zostały bardziej zanieczyszczone tymi metalami niż gleby położone 100 m od jezdni. Maksymalne zawartości metali w glebach badanych zieleńców przyulicznych wynosiły (w mg/kg): Zn – 298, Pb – 366, Cu – 154, Cd – 2,94, zaś w glebach oddalonych 100 m od ulicy: Zn – 217, Pb – 159, Cu – 54, Cd – 2,61 mg/kg. Na niektórych powierzchniach maksymalne zawartości cynku, miedzi i kadmu w glebach były zbliżone niezależnie od odległości od jezdni. Szczególnie dotyczy to silnie zanieczyszczonych powierzchni w centrum miasta, np. Al. Jerozolimskie i park przy Muzeum Wojska Polskiego, Al. Jerozolimskie i Plac Starynkiewicza, czy też Rondo Jazdy Polskiej i Pole Mokotowskie.

TABELA 2. Zawartość Zn, Pb, Cu, Cd w glebach wzdłuż arterii komunikacyjnej Warszawy (Trasa Łazienkowska)*

TABLE 2. Content of Zn, Pb, Cu, Cd in soils along traffic artery of Warsaw (Trasa Łazienkowska)

Lp.	Lokalizacja – Locality	pH KCl	CaCO ₃ [%]	Zn [mg/kg]	Pb	Cu	Cd
Al. Ujazdowskie							
1.	– przy ulicy – near street	6,9	1,00	208	261	32,1	1,89
2.	– park 100 m od ulicy – from street	6,9	0,00	117	42	17,5	0,54
Ul. Wawelska (Rondo Jazdy Polskiej) – przy ulicy – near street							
3.		6,8	0,00	291	279	79,9	2,38
Pole Mokotowskie							
4.	– 100 m od ulicy – from street	6,0	0,00	118	100	54,5	2,36
Ul. Wawelska/Al. Wielkopolski							
5.	– przy ulicy – near street	7,1	0,30	129	142	21,8	2,27
Pole Mokotowskie							
6.	– 100 m od ulicy – from street	6,6	0,00	123	80	20,1	0,89
Ul. Wawelska/Raszyńska							
7.	– przy ulicy – near street	7,2	2,00	273	210	48,8	2,65
Ul. Batorego (zachód)							
8.	– przy ulicy – near street	7,0	0,92	140	157	34,2	1,94
Pole Mokotowskie							
9.	– 100 m od ulicy – from street	5,8	0,00	48	48	9,9	0,53
Ul. Wołowska/Dąbrowskiego							
10.	– przy ulicy – near street	7,0	1,34	153	243	43,4	1,16
11.	– park 100 m od ulicy – from street	5,9	0,00	105	52	20,8	0,12

*Wyniki wg A. Milewskiej [1997]

Wskaźniki nagromadzenia metali ciężkich w glebach, obliczone w stosunku do tzw. tła geochemicznego (punkt odniesienia), są znaczne i wynoszą w przypadku zieleńców przyulicznych: ołowiu od 11 do 36 (19,1), miedzi od 2,5 do 22 (6,5), kadmu od 5,6 do 16,3 (11,7), cynku od 3,6 do 9,9 (6,2), a w glebach parków: kadmu od 2,9 do 14,5 (6,0), ołowiu od 1,1 do 15,9 (6,9), miedzi od 1,1 do 7,7 (3,7) i cynku od 1,6 do 7,2 (4,0). W nawiasach podano wartości średnie wskaźników nagromadzenia metali.

W badanych glebach zieleńców i parków Warszawy wartości średnich wskaźników nagromadzenia metali ciężkich układają się podobnie i można je zestawiać w następujący szereg: Pb > Cd > Cu > Zn.

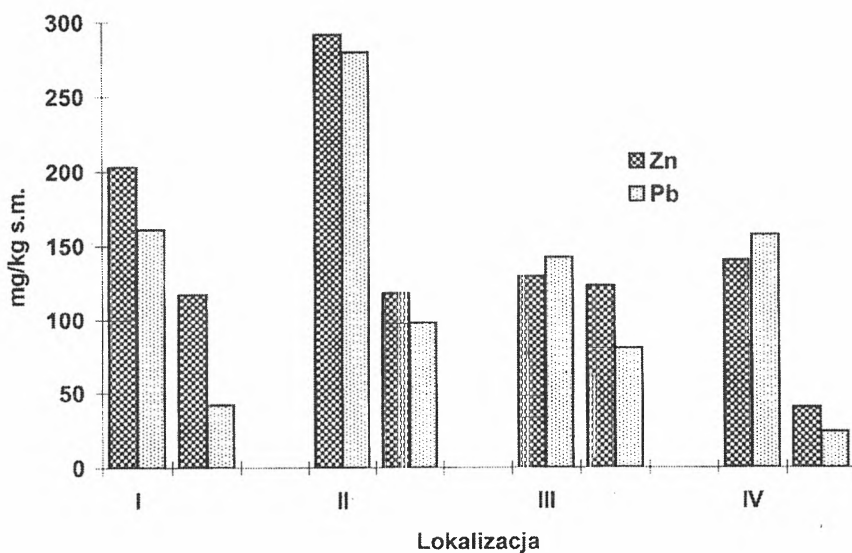
Zawartość cynku w omawianych glebach była istotnie skorelowana z ilością ołowiu ($r = 0,740$) i miedzi ($r = 0,630$), a zawartość ołowiu tylko z ilością miedzi ($r = 0,504$).

Trudno stwierdzić jednoznacznie, jak daleko przenoszone są zanieczyszczenia komunikacyjne (rys. 1 i 2) na tereny przylegające do ruchliwych ulic, zależy to bowiem od tego, czy teren jest otwarty, czy też zadrzewiony. I tak przy Rondzie Jazdy Polskiej, w parku na Polu Mokotowskim teren jest otwarty (brak drzew i krzewów), dlatego w odległości 100 m od jezdni stwierdzono takie same ilości

TABELA 3. Zawartość Zn, Pb, Cu, Cd w glebach wzdłuż arterii komunikacyjnej Warszawy (Północ-Południe)*
 TABLE 3. Content of Zn, Pb, Cu, Cd in soils along traffic artery of Warsaw (North-South)

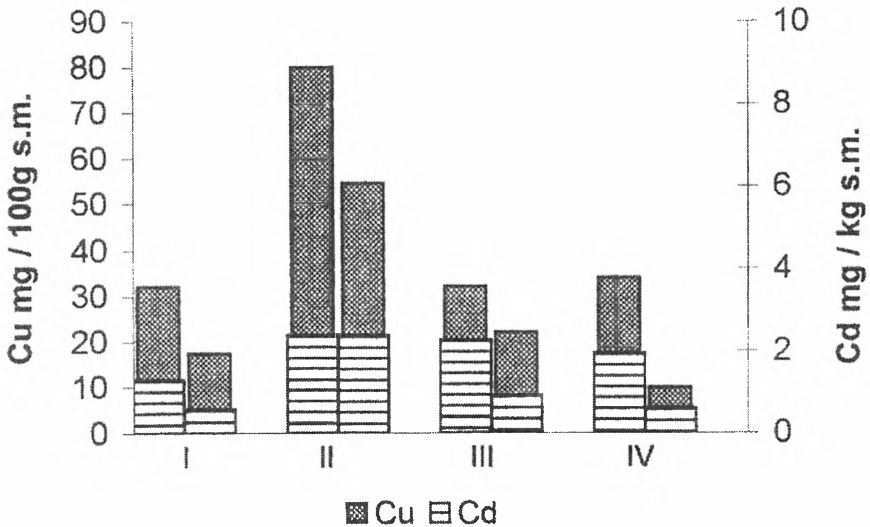
Lp.	Lokalizacja – Locality	pH KCl	CaCO ₃ [%]	Zn [mg/kg]	Pb	Cu	Cd
Plac Narutowicza Rondo							
1.	– trawnik – near street	6,6	0,00	152	134	52,1	2,74
2.	– park 100 m od Ronda – from Rondo	5,8	0,00	111	41	54,1	1,33
ul. Grójecka/Bitwy Warszawskiej							
3.	– przy ulicy – near street	7,2	3,36	157	146	34,7	1,01
4.	– 100 m od ulicy – from street	6,4	0,00	129	70	22,9	1,10
ul. Grójecka/Dickensa							
5.	– przy ulicy – near street	6,8	3,08	129	114	45,8	1,08
6.	– 100 m od ulicy – from street	6,7	1,74	101	92	26,9	0,80
Al. Krakowska/Maciejki							
7.	– przy ulicy – near street	6,8	1,08	209	111	46,9	2,67
8.	– 100 m od ulicy – from street	6,7	0,64	169	72	26,9	1,39
9. Falenty							
	– łąka 100 m od jezdni	7,1	1,78	143	159	36,3	0,93
	– meadow 100 m from highway						

*Wyniki wg A. Milewskiej [1997]



RYSUNEK 1. Ogólna zawartość cynku (Zn) i ołowiu (Pb) w glebach (2 i 100 m od ulicy)
 FIGURE 1. Total content of zinc and lead in soils (2 and 100 m from street)

Lokalizacja – Localization: I – Al. Ujazdowskie – Park Ujazdowski, II – Rondo Jazdy Polskiej – Pole Mokotowskie, III – ul. Wawelska /Al. Wielkopolski – Pole Mokotowskie, IV – ul. Batorego – Pole Mokotowskie

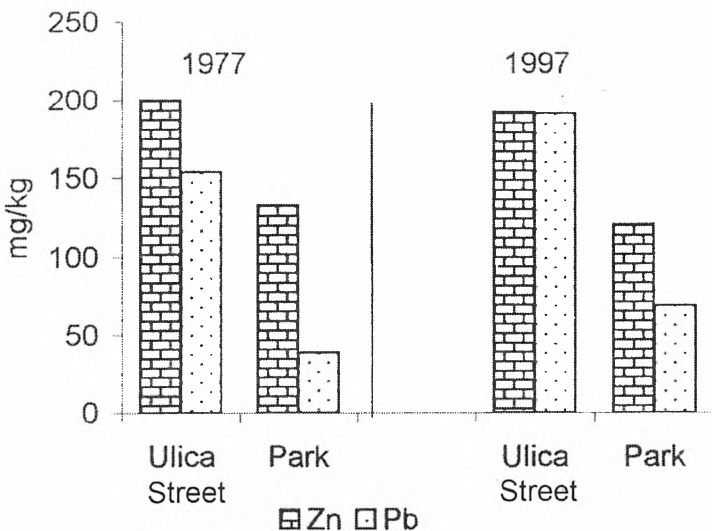


RYSUNEK 2. Ogólna zawartość miedzi (Cu) i kadmu (Cd) w glebach (2 i 100 m od ulicy)

FIGURE 2. Total content of copper and cadmium in soils (2 and 100 m from street)

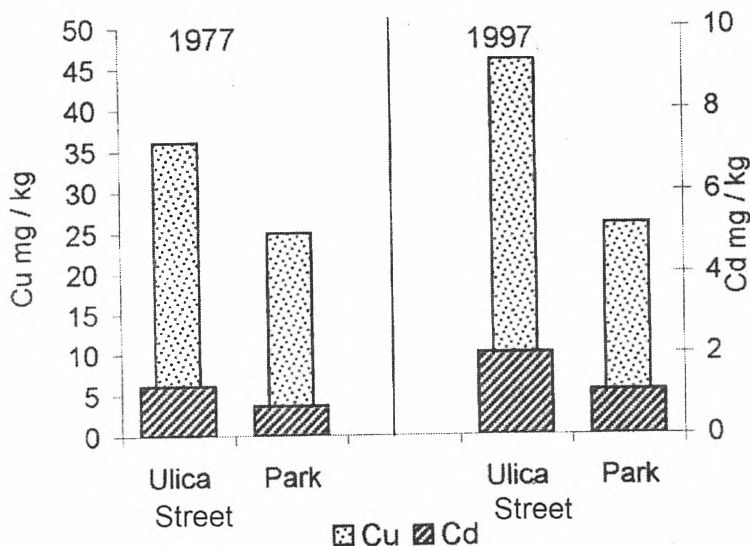
Lokalizacja – Localization: I – A. Ujazdowskie – Park Ujazdowski, II – Rondo Jazdy Polskiej – Pole Mokotowskie, III – ul. Wawelska/Al. Wielkopolski – Pole Mokotowskie, IV – ul. Batorego – Pole Mokotowskie

kadmu jak w glebie z zieleńców przyulicznych. Natomiast wyraźne różnice wykazano w zawartości badanych metali w glebach z trawnika przyulicznego i z Pola Mokotowskiego przy ul. Batorego. Stanowisko na Polu Mokotowskim, z którego pobierano próbki glebowe, znajduje się w odległości 100 m od ulicy za



RYSUNEK 3. Średnia zawartość Zn i Pb w glebach zieleńców przyulicznych i parków (1977 i 1997)

FIGURE 3. Mean content of Zn and Pb in soils of green near streets and parks (1977 and 1997)



RYSUNEK 4. Średnia zawartość Cu i Cd w glebach zieleńców przyulicznych i parków (1977 i 1997)

FIGURE 4. Mean content of Cu and Cd in soils of green near streets and parks (1977 and 1997)

pasem wysokich i w zwarcu rosnących drzew; tutaj gleby w małym stopniu zostały zanieczyszczone rozpatrywanymi metalami ciężkimi (wskaźnik ich nagromadzenia wahał się od 1,4 do 2,9).

Badano również wpływ żywopłotów przylegających do ulic na zmniejszenie zanieczyszczeń metalami ciężkimi gleb zieleńców. Próbkę glebową pobierano przed i za pasem żywopłotu (niskiego lub wysokiego) albo zwartego zadrzewienia [Czarnowska, Konecka-Betley 1977]. Stwierdzono spadek zanieczyszczeń niektórymi metalami ciężkimi gleb oddzielonych od jezdni żywopłotem. Na przykład zawartość ołowiu i molibdenu w próbkach glebowych pobranych za niskim żywopłotem była o 50% mniejsza niż przed żywopłotem, a ilość cynku i chromu zmniejszyła się o 30%. W świetle tych danych należy podkreślić znaczenie zadrzewień przyulicznych, zwłaszcza w przypadku gdy trasy komunikacyjne przecinają osiedla mieszkaniowe lub przebiegają obok ogrodów działkowych.

W końcowej części niniejszego opracowania porównano zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb zieleńców w roku 1977 i w roku 1997 (rys. 3 i 4). Należy wyjaśnić, że w Warszawie, podobnie jak w wielu dużych miastach, istnieją zasadnicze trudności w umiejscowieniu stałych powierzchni badawczych pobierania próbek glebowych. Wynika to z częstego przeprowadzania różnych robót m.in. poszerzania ulic, awarii wodociągowych czy kanalizacyjnych. Dlatego też w omawianych badaniach posłużono się uśrednionymi wynikami ilości metali ciężkich w próbkach gleb z różnych powierzchni. Przyjęta metoda umożliwia przeprowadzenie porównania stopnia zanieczyszczenia gleb w roku 1977 i roku 1997.

W okresie wspomnianego dwudziestolecia nastąpił zasadniczy wzrost zanieczyszczenia gleb wzdłuż badanych tras komunikacyjnych (rys. 3 i 4). W roku 1997

tylko ilość cynku w glebach zieleńców przyulicznych i parków nie zwiększyła się w porównaniu z rokiem 1977. Natomiast ilość pozostałych trzech metali śladowych (ołowiu, miedzi i kadmu) wykazuje znaczny wzrost, na przykład średnia zawartość ołowiu w glebach zieleńców przyulicznych w 1977 r. wynosiła 154 mg/kg, a w 1997 roku – 191 mg/kg. Ilość miedzi zwiększyła się z 36 mg/kg w 1977 roku do 46 mg/kg w 1997 roku, zaś kadmu odpowiednio z 1,22 do 2,01 mg/kg. W ciągu dwudziestu lat średnia zawartość kadmu w glebach zieleńców przyulicznych wzrosła o 65%, miedzi o 28% i ołowiu o 24%.

Odnotowany wzrost jest umiarkowany, pomimo że w ostatnich latach nastąpiło duże nasilenie ruchu drogowego, ale równocześnie zmniejszyła się emisja zanieczyszczeń przemysłowych [Rocznik Statystyczny Warszawy 1995].

WNIOSKI

Przeprowadzone badania, dotyczące stanu zanieczyszczenia gleb wzdłuż wybranych tras komunikacyjnych Warszawy, pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

Zawartość cynku, ołowiu, miedzi i kadmu w glebach antropogenicznych Warszawy jest bardzo zróżnicowana. Maksymalne ilości tych metali w glebach zieleńców wynoszą w mg/kg: Zn – 298; Pb – 366; Cu – 154; Cd – 2,97, a w glebach parków: Zn – 217; Pb – 106; Cu – 54; Cd – 2,61.

Średni wskaźnik nagromadzenia metali ciężkich w glebach zieleńców przyulicznych wynosi: Pb (19) > Cd (12) > Cu = Zn (6), natomiast w glebach parków: Pb (7) > Cd (6) > Cu = Zn (4).

Sz szczególnie zanieczyszczone omawianymi metalami są gleby znajdujące się przy arteriach komunikacyjnych; mogą to być gleby zieleńców przyulicznych, obryzeży parków i ogrodów działkowych, a na krańcach miasta – pól uprawnych.

W roku 1997 stwierdzono istotny wzrost zanieczyszczenia ołowiem, miedzią i kadmem gleb przy arteriach komunikacyjnych w porównaniu z rokiem 1977. Zwiększenie ilości tych metali w glebach jest umiarkowane, mimo dużego nasilenia ruchu drogowego, jednak przy zmniejszonej emisji zanieczyszczeń przemysłowych.

Wobec wzrastającego ruchu samochodowego wskazane są badania monitoringowe, dające obraz zmian w stopniu zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb zieleńców przyulicznych w funkcji czasu.

LITERATURA

- CZARNOWSKA K. 1974: The accumulation of heavy metals in soils and plants in Warsaw area (exemplified by grasses and mosses). *Pol. J. Soil Sci.* 7(2): 117–122.
- CZARNOWSKA K. 1978: Zmiany zawartości metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu Warszawy jako wskaźnik antropogenizacji środowiska, *Zesz. Nauk. SGGW, Warszawa, Rozp. Nauk.* 106, ss. 71.
- CZARNOWSKA K., KONECKA-BETLEY K. 1977: Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na właściwości gleb i akumulację metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie Warszawy. *Człowiek i Środowisko*, 4, s. 73–90.

- CZARNOWSKA K., GWOREK B., KOZANECKA T., LATUSZEK B., SZAFRAŃSKA E. 1983: Heavy metals content in soils as indicator of urbanization. *Pol. Ecol. Stud.* 9(1–2) s. 63–79.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B. 1987: Wpływ zanieczyszczeń miejskich na zawartość metali ciężkich w glebach i warzywach warszawskich ogrodów działkowych. *Roczn. Nauk Roln. ser. A-107(2)* s. 23–33.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1988: Zanieczyszczenie kadmem gleb Warszawy. *Rocz. Glebozn.* 39(4) s. 129–133.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B. 1991: Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy. *Rocz. Glebozn.* 42(1/2) s. 129–133.
- DOBZJAŃSKI B., CZARNOWSKA K., CZERWIŃSKI Z., KONECKA-BETLEY K., PRACZ J. 1975: Badania gleboznawcze Parku Łazienkowskiego w Warszawie w nawiązaniu do ochrony środowiska. Cz. II. Wpływ aglomeracji miejskiej na gleby i rośliny. *Rocz. Nauk Roln. Seria A*, 101(1) s. 141–158.
- Encyklopedia Warszawy 1994: Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 896
- LISICKA I., OZIĘBŁO A. 1977: Metale w pyłach atmosfery miejskiej na przykładzie miasta stołecznego Warszawy. *Ochr. Pow. z.* 3, s. 69–72.
- MILEWSKA A. 1997: Metale ciężkie w glebach zieleńców i mniszku lekarskim na terenie Warszawy. Praca dypl. magisterska, SGGW w Warszawie, s. 40.
- PICHTEL J., SAWYERR H.T., CZARNOWSKA K. 1997: Spatial and temporal distribution of metals in soils in Warsaw, Poland. *Environ. Pollut.* 98(2) s. 169–174.
- Rocznik Statystyczny Warszawy 1995: Urząd Statystyczny w M.St. Warszawie.

K. Czarnowska

HEAVY METALS IN LAWN SOILS OF WARSAW

Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University

SUMMARY

In this paper is presented the influence of reticular emissions on accumulation of Zn, Pb, Cu, and Cd in soils of lawn and parks of Warsaw. The investigation areas were located along 3 busy traffic roads. Samples were taken from the layer 0–10 cm of two places: green directly beside street and at the distance 100 m from the streets (park, lawn, arable soil). The results are presented in Tables 1–3 and on Figures 1–2. The highest content investigated elements in soils under green in mg/kg are as follows: Zn – 298, Pb – 366, Cu – 154, Cd – 2,94, and in park soils: Zn – 217, Pb – 159, Cu – 54, Cd – 2,61. The indices of the element accumulation have following order: Pb > Cd > Cu > Zn. The soil of green beside the streets are particularly contaminated.

These results were compared with obtained in 1977 year from soils beside streets and parks. During the period of twenty years clearly increased contamination of soil by Pb, Cd and Cu along streets (figs. 3 and 4). The increasing content of the elements is moderate, in spite increase of traffic intensity during the last years.

Praca wpłynęła do redakcji w październiku 1998 r.

Prof. dr hab. Krystyna Czarnowska
Katedra Gleboznawstwa SGGW
02-528 Warszawa, ul. Rakowiecka 26/30