

CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH (Pb, Cu, Zn, Cd) W GLEBACH I ROŚLINACH NA TERENIE ZADRZEWIEŃ W STREFIE OCHRONNEJ HUTY MIEDZI „GŁOGÓW”

Leszek Szerszeń, Tadeusz Chodak, Katarzyna Szopka

Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Wieloletnia działalność Huty Miedzi „Głogów” i związana z tym emisja pyłów i gazów do atmosfery doprowadziła do znacznej akumulacji w glebie zanieczyszczeń, szczególnie metali ciężkich powodując stopniową degradację tych gleb [ROSZYK, SZERSZEŃ 1988; SZERSZEŃ i in. 1999]. W strefie ochrony wokół Huty zaczęto wprowadzać nasadzenia drzew w celu poprawy warunków glebowych poprzez neutralizację i ograniczenie rozprzestrzeniania się szkodliwych związków, zwłaszcza metali ciężkich w głąb profilu glebowego. Do gatunków, które sadzono w strefie ochronnej należą między innymi: topola biała (*Populus alba* L.), brzoza brodawkowata (*Betula pendula* ROTH), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.). Gatunki te wykształciły mechanizmy obronne, co pozwoliło im żyć w skażonym zanieczyszczeniami przemysłowymi środowisku [STROJNY 1981].

Celem pracy było określenie zawartości metali ciężkich w glebach i ściółce na terenie nasadzeń drzew: topoli białej, brzozy brodawkowatej i robinii akacjowej w strefie ochronnej Huty Miedzi „Głogów”.

Material i metody badań

Badaniami objęto gleby obszarów nasadzeń drzew porośniętych topolą białą (*Populus alba*), brzozą brodawkowatą (*Betula pendula*) i robinią akacjową (*Robinia pseudoacacia*) strefy ochrony sanitarnej Huty Miedzi „Głogów”. Na badanym terenie wytypowano 6 punktów, z których pobrano do analiz laboratoryjnych próbki glebowe z poziomów wierzchnich (0–5 cm i 5–15 cm) i głębszych (30–40 cm) oraz ściółki (0–5 cm). W dwóch punktach: Bogomice i Żukowice wykonano odkrywki glebowe i próbki pobrano z każdego wydzielonego poziomu genetycznego. Lokalizację punktów badawczych zestawiono w tabeli 1.

W pobranych próbkach laboratoryjnie oznaczono: skład granulometryczny

metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH potencjometrycznie w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, zawartość C org. metodą Tiurina, właściwości sorpcyjne metodą Pallmanna.

Całkowitą zawartość pierwiastków (Pb, Cu, Zn, Cd, Ni) w glebie, ściółce i liściach badanych drzew oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) po uprzedniej mineralizacji w stężonym kwasie nadchlorowym.

Wyniki i dyskusja

Badane gleby wykazują duże zróżnicowanie pod względem typologicznym, rodzajowym i gatunkowym. W południowo-wschodniej części strefy dominują gleby brunatne i płowe, a w niższej położonych terenach – czarne ziemie (tab. 1), natomiast na północ od Huty (obiekt IV) badana gleba zakwalifikowana została jako mada brunatna bardzo lekka. W większości są to gleby wytworzone z piasków luźnych, słabogliniastych, gliniastych lekkich lub utworów pyłowych (tab. 2).

Odczyn badanych gleb wahał się od kwaśnego (punkt II i VI) (wartość pH w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ wynosiła 4,3) przez lekko kwaśny, obojętny do zasadowego (punkt IV), gdzie wartość pH osiągała wartość 7,6 (tab. 2). Kwaśny odczyn niektórych analizowanych gleb był prawdopodobnie konsekwencją emitowanych przez Hutę związków NO_x i SO_x oraz charakterystycznego dla naszej strefy klimatu powodującego wymywanie łatwo rozpuszczalnych składników o charakterze alkalicznym. Z kolei zasadowy odczyn gleby obiektu IV był związany przede wszystkim ze stosowaniem wapnowania [SZERSZEŃ i in. 1999].

W obsadzie kompleksu sorpcyjnego dominują kationy wapnia (tab. 2), co może być związane ze stosowaniem w strefie ochronnej wapnowania. Badane gleby cechowały się wysokimi wartościami sumy kationów zasadowych oraz wysyceniem kompleksu sorpcyjnego zasadami (tab. 2), co zaobserwował również w swoich badaniach SZERSZEŃ i in. [1999].

Spośród analizowanych pierwiastków śladowych na badanym obszarze w największych ilościach w glebie występowała miedź. W poziomach powierzchniowych gleb (0–5 cm) badanego obszaru zawartość miedzi wahała się od $467 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (punkt IV oddalony 3 km od huty) do $1687 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (punkt III, 0,5 km od huty), (tab. 3). We wszystkich badanych glebach następowało zmniejszenie się koncentracji miedzi w poziomach podpowierzchniowych, gdzie zawartość wahała się od $18,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $967,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 3). Taką samą zależność stwierdzili w swoich pracach KARCZEWSKA [1995] i SZERSZEŃ i in. [1991]. Na badanym obszarze widać było wpływ wiatrów na zawartość tego pierwiastka w glebie. Najniższą zawartością miedzi charakteryzował się punkt położony w kierunku NE od huty, to jest przeciwnym do kierunku wiejących wiatrów w rejonie Głogowa. W punkcie tym zawartość miedzi w poziomie 0–5 cm wynosiła $467,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i zmniejszała się wraz z głębokością (tab. 3). Zawartość miedzi w ściółkach badanych gleb była wielokrotnie wyższa od zawartości w poziomach powierzchniowych gleb i wahała się od $2400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (punkt II, 1 km od huty, las topolowy) do $13440 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (punkt I, 0,5 km od huty, las topolowy), (tab. 3). Tak wysokie zawartości miedzi w poziomach organicznych badanych gleb były związane z dodatnią korelacją między zawartością substancji organicznej a ilością miedzi oraz prawdopodobnie z faktem zmywania przez deszcz osadzonych na liściach pyłów.

Tabela 1; Table 1

Lokalizacja i charakterystyka obiektu badań
Localization and characteristic of research area

Punkt obserwacyjny Observation point	Miejscowość odległość, kierunek od huty Place, distance, direction from cooper smelter	Gatunek nasadzonych drzew Type of afforestation	Typ gleby (wg klasyfikacji FAO) Soil type (acc. to FAO)	Profil glebowy; Soil profile	
				poziom genetyczny soil horizon	miaższość depth (cm)
I	Huta 0,5 km, SE	las topolowy poplar forest	gleba brunatna właziwa eutric cambisols	O	5-0
				A	0-35
II	Żukowice II 1km, SE	las topolowy poplar forest	czarna ziemia haplaquolls	O A AB Cg Cgg	5-0 0-55 55-65 65-100 100-150
III	Huta 1 0,5 km, SE	las brzoźowy birch forest	gleba płowa haplic luvisols	O A B/A	5-0 0-26 >26
IV	Bogomice IV 3 km, NE	las brzoźowy birch forest	mada brunatna cambic fluvisols	O	5-0
				A	0-25
				BbrC	25-50
				C	50-95
				C1 C2 C3	95-120 120-124 124-150
V	Huta 2 0,5 km, SE	las akacjowy acacia forest	gleba płowa haplic luvisols	O	8-0
				A A/B	0-22 22-50
VI	Huta 3 0,5 km, SE	las akacjowy acacia forest	gleba płowa haplic luvisols	O A B	8-0 0-30 30-50

Głogów

Tabela 2; Table 2

Podstawowe właściwości badanych gleb
Basic properties of examined soils

Miejscowość, odległość, kierunek od hut Place, distance, direction from cooper smelter	Głębokość Depth (cm)	Procentowa zawartość frakcji (mm) Percentage of fraction (mm)				pH _{KCl}	C org. Total C (%)	S	T	V (%)
		w próbce in sample	w częściach ziemistych <1,0 mm in <1.0 mm fraction							
		> 1	1,0-0,1	0,1-0,02	< 0,02			< 0,002		
Huta 0,5 km, SE	0-5	8,0	63,57	30,43	6,00	2,00	1,98	3,58	55,30	
	5-15	9,0	58,85	26,15	15,00	3,00	2,44	3,84	63,51	
	30-40	3,0	62,90	29,10	8,00	1,00	2,16	3,21	67,30	
Żukowice II 1km, SE	0-5	7,0	21,12	52,70	26,00	2,00	6,34	8,14	77,90	
	5-15	7,0	21,26	52,74	26,00	4,00	5,80	7,20	80,50	
	30-40	5,0	41,30	33,48	26,00	6,00	3,35	4,75	70,50	
Huta 1 0,5 km, SE	0-5	4,0	70,22	24,78	5,00	1,00	1,94	3,74	51,90	
	5-15	7,0	71,72	23,28	5,00	1,00	1,95	3,59	55,40	
	30-40	4,0	66,49	22,51	11,00	2,00	2,43	2,83	85,90	
Bogomice IV 3 km, NE	0-5	0,0	89,00	8,00	3,00	0,00	2,98	3,58	83,20	
	5-15	0,0	90,00	5,00	5,00	0,00	3,48	3,68	94,60	
	30-40	0,0	94,20	1,80	4,00	4,00	2,76	3,96	93,20	
Huta 2 0,5 km, SE	0-5	13,0	64,19	25,81	10,00	2,00	2,03	3,53	57,50	
	5-15	5,0	67,00	22,00	11,00	2,00	3,30	4,50	73,30	
	30-40	10,0	67,87	21,13	11,00	4,00	3,08	3,83	80,40	
Huta 3 0,5 km, SE	0-5	5,0	56,89	30,11	13,00	1,00	2,11	4,01	52,60	
	5-15	8,0	50,82	38,18	11,00	1,00	2,18	4,03	54,01	
	30-40	10,0	51,99	36,00	12,00	2,00	1,82	2,52	72,20	

S - Suma wymienionych kationów zasadowych; Base cation capacity

T - Pojemność sorpcyjna; Cation exchangeable capacity

V - Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi; Base cation saturation

Kolejnym pierwiastkiem zanieczyszczającym gleby w rejonie oddziaływania Huty Miedzi „Głogów” był ołów. Największe zawartości ołowiu stwierdzono w poziomach powierzchniowych (0–5 cm) badanych gleb, które wynosiły od 117 mg·kg⁻¹ do 422,5 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Podobnie jak w przypadku miedzi obserwowano spadek zawartości ołowiu wraz ze wzrostem głębokości. Prawidłowości rozprzestrzeniania się tego pierwiastka były podobne jak miedzi, tzn. zależały od kierunku wiejących wiatrów i odległości od huty. Zawartość ołowiu była znacznie wyższa w poziomach ściółek i wynosiła od 1300 mg·kg⁻¹ (punkt II, 1 km od huty, las topolowy) do 3160 mg·kg⁻¹ (punkt VI, 0,5 km od huty, las akacjowy), (tab. 3) niż w poziomach podpowierzchniowych. Ołów był silnie sorbowany przez substancję organiczną, stąd duże jego ilości w poziomach ściółek [SKŁODOWSKI, ZARZYCKA 1997].

Przeprowadzone badania strefy ochronnej Huty Miedzi „Głogów” zwracają uwagę na odmienne zachowanie cynku w glebach w porównaniu z Pb i Cu. Cynk był pierwiastkiem, emitowanym we frakcjach najdrobniejszych i w związku z tym może być przemieszczany na znaczne odległości. Nie stwierdza się więc zależności między zawartością cynku a odległością od źródła emisji. We wszystkich badanych glebach zawartość cynku kształtowała się na podobnym poziomie (tab. 3) i są to wartości niższe bądź zbliżone do tzw. tła geochemicznego tego pierwiastka [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993]. W ściółce najwyższą zawartość cynku odnotowano w punkcie II oddalonym 1 km od huty, w lesie topolowym i była to wartość 1620 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Najniższą zawartość Zn stwierdzono w ściółce z lasu topolowego (punkt I) i wynosiła 474 mg·kg⁻¹ (tab. 3).

Kadm występował w badanych glebach w najmniejszych ilościach. Zawartość ta nie przekraczała 1 mg·kg⁻¹, osiągając maksimum w punkcie III, gdzie na głębokości 0–5 cm wynosiła 0,35 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Ponieważ pierwiastek ten był silnie sorbowany przez substancję organiczną gleb, gromadził się on głównie w poziomach wierzchnich, po czym jego ilość malała wraz z głębokością (tab. 3). W ściółce analizowanych gleb maksimum zawartości kadmu stwierdzono w punkcie II, oddalonym 1 km od huty w lesie topolowym, gdzie zawartość wynosiła 0,72 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Najniższa zawartość tego pierwiastka (0,45 mg·kg⁻¹) występowała w ściółce z lasu akacjowego w punkcie V (tab. 3).

W badanym materiale roślinnym (liście drzew) na obszarze strefy ochronnej Huty Miedzi „Głogów” największa kumulacja metali ciężkich wystąpiła w liściach brzozy (tab. 3). Najmniejsze ilości analizowanych pierwiastków śladowych skumulowały liście topoli. Jednocześnie w ściółce na terenie nasadzeń topoli białej stwierdzono bardzo wysoką zawartość szczególnie miedzi, w trochę mniejszym stopniu ołowiu. Takie różnice w zawartości pierwiastków śladowych w ściółkach różnych drzew są najprawdopodobniej związane z różną szybkością mineralizacji substancji organicznej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w liściach drzew w największych ilościach kumulowany był ołów, cynk, miedź, a w najmniejszych ilościach kadm (tab. 3).

Wzrost zawartości ołowiu, miedzi i cynku w liściach był związany głównie z osadzaniem się tych metali ciężkich na roślinach wraz z pyłami atmosferycznymi [SZERSZEŃ i in. 1999]. Na wzrost zawartości cynku dodatkowo mogła wpłynąć łatwość i szybkość pobierania z podłoża i przemieszczania do części nadziemnych [TERELAK i in. 1995].

Tabela 3; Table 3

Całkowite zawartości metali ciężkich w glebach i liściach strefy ochronnej
Huty Miedzi „Głogów”

Total contents of heavy metals in soils and leaves in protective zone
of „Głogów” cooper smelter

Miejscowość, odległość i kierunek od huty Place, distance, direction from cooper smelter	Głębokość pobrania Sampling depth (cm)	Pb (mg·kg ⁻¹)	Cu (mg·kg ⁻¹)	Zn (mg·kg ⁻¹)	Cd (mg·kg ⁻¹)
Huta 0,5 km, SE Las topolowy Poplar forest	liście; leaves	409,00	150,00	313,00	0,14
	ściółka; litter	2154,00	13440,00	474,00	0,46
	0-5	117,00	692,50	43,75	0,16
	5-15	57,75	512,50	40,00	0,13
Żukowice II 1 km, SE Las topolowy Poplar forest	30-40	15,75	18,25	52,50	0,12
	liście; leaves	372,00	114,00	290,00	0,61
	ściółka; litter	1300,00	2400,00	1620,00	0,72
	0-5	130,50	535,00	63,25	0,11
Huta 1 0,5 km, SE Las brzozywy Birch forest	5-15	113,50	510,00	71,50	-
	30-40	21,50	33,00	50,25	-
	liście; leaves	1250,00	299,00	757,00	0,22
	ściółka; litter	2300,00	7860,00	1340,00	0,48
Bogomice 3 km, NE Las brzozywy Birch forest	0-5	422,50	1687,50	76,00	0,35
	5-15	170,50	967,50	66,00	0,32
	30-40	15,25	15,00	15,75	0,23
	liście; leaves	1142,00	349,00	355,00	0,40
Huta 2 0,5 km, SE Las akacjowy Acacia forest	0-5	150,25	467,50	67,50	0,17
	5-15	109,75	447,50	73,00	-
	30-40	15,50	13,75	23,50	-
	liście; leaves	908,00	227,00	117,00	0,21
Huta 3 0,5 km, SE Las akacjowy Acacia forest	ściółka; litter	2380,00	7840,00	589,00	0,45
	0-5	248,50	1184,00	57,25	0,17
	5-15	84,50	580,00	76,00	0,20
	30-40	26,00	47,00	30,00	0,15
Huta 3 0,5 km, SE Las akacjowy Acacia forest	0-5	250,25	1327,50	58,50	0,17
	5-15	214,75	890,00	68,75	0,16
	30-40	14,75	119,25	41,00	0,13
	liście; leaves	800,00	231,00	167,00	0,10
ściółka; litter	3160,00	9940,00	532,00	0,53	

Wnioski

1. We wszystkich analizowanych glebach stwierdzono występowanie w największych ilościach miedzi i ołowiu, w mniejszym cynku, a w najmniejszych ilościach występował kadm.
2. Największe ilości metali ciężkich w badanych glebach stwierdzono w poziomach ściółek i poziomie wierzchnim 0-5 cm, gdzie zawartości były kilkanaście razy wyższe niż w poziomach podpowierzchniowych.
3. Na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń decydujący wpływ miał kierunek wiatrów oraz odległość od emitora.

4. W badanych liściach drzew największymi zdolnościami kumulacji metali ciężkich cechowały się liście brzozy brodawkowatej. Najmniejsze ilości pierwiastków śladowych gromadziły liście topoli białej.

Literatura

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa: 368 ss.

KARCZEWSKA A. 1995. *Formy wybranych metali w poziomach powierzchniowych i podpowierzchniowych gleb zanieczyszczonych emisjami hut miedzi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 481–486.

ROSZYK E., SZERSZEŃ L. 1988. *Nagromadzenie metali ciężkich w warstwie ornej gleb strefy ochrony sanitarnej przy hutach miedzi*. Część I – Legnica, Część II – Głogów. Roczn. Glebozn. 34(4): 147–157.

SKŁODOWSKI M., ZARZYCKA H. 1997. *Wpływ użytkowania gleb na zawartość i rozmieszczenie metali ciężkich*. Roczn. Glebozn. 48(1/2): 5–13.

STROJNY W. 1981. *Nasze drzewa*. PWRiL Warszawa.

SZERSZEŃ L., CHODAK T., KABAŁA C. 1999. *Monitoring zawartości pierwiastków śladowych w glebach przylegających do hut miedzi w Głogowie i Legnicy*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467(II): 405–412.

SZERSZEŃ L., KARCZEWSKA A., ROSZYK E., CHODAK T. 1991. *Rozmieszczenie Cu, Pb i Zn w profilach gleb przyległych do hut miedzi*. Roczn. Glebozn. 42(3/4): 199–206.

TERELAK H., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., BUDZYŃSKA H. 1995. *Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 45–60.

Słowa kluczowe: huty miedzi, pierwiastki śladowe, strefy ochronne

Streszczenie

Obiektem badań były obszary nasadzenia drzew strefy ochronnej Huty Miedzi „Głogów” położone w odległościach od 0,5 do 3 km od huty. Przeważającymi gatunkami drzew na tych terenach były: topola biała, brzoza brodawkowata i robinia akacjowa.

Uzyskane zawartości metali ciężkich w glebach wskazują, że są one w różnym stopniu zanieczyszczone Cu, Pb, Zn i Cd. Największe ilości Cu i Pb były kumulowane w warstwie ściółki i poziomie próchnicznym.

Zawartość metali ciężkich w liściach badanych drzew była zróżnicowana i zależała od gatunku drzewa. Na zawartość metali ciężkich w liściach poszczególnych gatunków wpływ wywierała odległość od samej huty.

TOTAL CONTENTS OF TRACE ELEMENTS IN SOILS
AND PLANTS IN THE AREA OF PLANTING TREES
IN PROTECTIVE ZONE OF „GŁOGÓW” COPPER SMELTER

Leszek Szerszeń, Tadeusz Chodak, Katarzyna Szopka
Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection,
Agricultural University, Wrocław

Key words: trace elements, copper smelter, protective zone, soils, afforestation

Summary

The aim of investigation was to determine the content of heavy metals in soils and in leaves of trees planted in protective zone of „Głogów” copper smelter. Afforestation included mostly the poplar trees, birch trees and acacia trees. The results showed that in the soils on smelter protective area the highest were Cu contents, followed by Pb, Zn and Cd concentrations. Copper and lead contents in surface litter and humus horizons were much higher than in the subsoil. The contents of trace elements decreased along with the distance from metallurgy plants, they depended also on geographical direction.

Prof. dr hab. Leszek **Szerszeń**
Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego
Akademia Rolnicza
ul. Grunwaldzka 53
50-357 WROCLAW