

BARBARA GWOREK*, MAREK DEGÓRSKI**

PRZESTRZENNE I PROFILOWE ROZMIESZCZENIE PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH I ŻELAZA W GLEBACH ZBIOROWISK BOROWYCH*

*Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie

**Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

WSTĘP I CEL BADAŃ

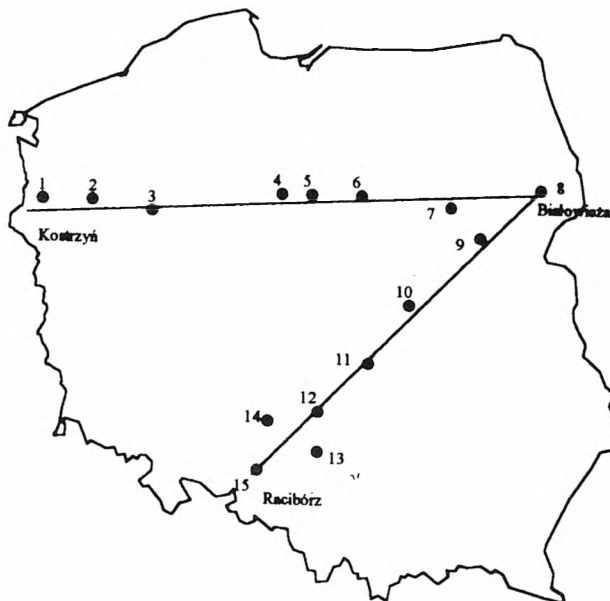
Bory sosnowe należą do powszechnie występujących w Polsce i zajmują około 78% ogólnej powierzchni leśnej w kraju [Skrzypczak 1993]. Z uwagi na powszechność ich występowania w Polsce interesująca może być ocena rozkładu pierwiastków śladowych tak przestrzennego, jak i pionowego (w profilach glebowych). Przeprowadzenie badań w podanych warunkach siedliskowych wyeliminowało wiele czynników edaficznych istotnych w procesach pedogenicznych.

Celem pracy było określenie zawartości pierwiastków śladowych i żelaza w glebach zbiorowisk borowych zarówno w aspekcie zmienności przestrzennej, jak i w profilach glebowych oraz ustalenie wzajemnych zależności między zawartością wymienionych pierwiastków a cechami pedogenicznymi oraz działalnością człowieka.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w dwóch transektach. Pierwszy wyznaczono zgodnie z gradientem klimatycznym Polski [Degórski 1984, 1985] na linii zachód-wschód związanym ze zmiennością długości geograficznej przy zachowaniu szerokości (52-53° N). Drugi zaś przebiegał z południowo-zachodniej części kraju (Śląsk) do północno-wschodnich regionów (rys. 1), hipotetycznie zwany transektem zanieczyszczeniowym. Do badań wytypowano 8 profili glebowych w transekcji I i 8 w transekcji II. Przy czym profil nr 8 w Białowieskim Parku Narodowym był wspólny dla obu transektów. Wszystkie spośród badanych gleb należą do klasy gleb bielicoziemnych, podtypu bielicowych i bielicowo-rdzawych. Wszystkie badane próby glebowe stanowiły piaski luźne średnio- i różnoziarniste

*Temat częściowo finansowany ze środków programu współpracy polsko-amerykańskiej "Effect of atmospheric deposition and climate change on forest ecosystems in Eastern Europe and the United States".



RYSUNEK 1. Rozmieszczenie profilów glebowych – FIGURE 1. Distribution of soil profiles

o wyraźnych cechach przesortowania oraz małej zawartości szkieletu [Degórski 1996a, 1996b].

Pierwiastki śladowe i żelazo w glebie oznaczono w wyciągu 20% HCl po uprzednim spaleniu substancji organicznej w temperaturze 480°C. W tak otrzymanych mineralizatach wymienione pierwiastki oznaczono techniką ASA.

WYNIKI BADAŃ

Zawartość pierwiastków śladowych oraz żelaza w badanych glebach przedstawiono w tabeli 1 i 2 w formie wartości bezwzględnych (wartości A) jednocześnie podając wskaźnik rozmieszczenia danego pierwiastka w poszczególnych poziomach genetycznych profilu glebowego w odniesieniu do skały macierzystej (wartości B).

Mangan. W profilach gleb bielcowych transektu I zawartość manganu wahała się w granicach 12,0–1446,0 mg/kg s.m., a w glebach transektu II od 2,2 do 1072,2 mg/kg s.m. Największa jego ilość przypadła na poziomy organiczne O i tu dla gleb transektu I wahała się w granicach 971,2–1446,0 mg/kg s.m., a dla gleb transektu II od 127,6 do 1072,2 mg/kg s.m. Jest to ilość od 19 do 63 razy większa niż w poziomach mineralnych gleb liczona w stosunku do skały macierzystej C w glebach transektu I, a w glebach transektu II wartość ta jest 14–126 razy większa. W poziomach organicznych gleb bielcowo-rdżawych transektu I ilość manganu wahała się od 1026,0 do 1718,2 mg/kg s.m., to jest o 11 do 131 razy więcej niż w skale macierzystej. Dla gleb transektu II wartości te wynoszą

TABELA 1. Zawartość pierwiastków śladowych i żelaza w glebach transektu I [mg/kg s.m.]
TABLE 1. Content of trace elements and iron in soils on the route I [mg/kg of d.m.]

Nr profilu Profile No	Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Fe		Mn		Zn		Cu		Pb		Ni		Cr	
			A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
Gleby bielcowe właściwe – Proper podsolic soils																
1	O	0–6	63,0	0,03	971,2	31,33	40,5	4,40	5,1	1,24	0,1	0,03	3,4	1,06	–	–
	A	6–14	2788,2	1,53	176,1	5,68	12,8	1,39	3,8	0,93	13,3	4,03	2,5	0,78	4,8	1,37
	Ees	14–24	2469,1	0,36	57,0	1,34	12,4	1,35	2,1	0,51	16,3	4,94	2,2	0,69	4,7	1,34
	Bhfe	24–64	2710,4	1,49	61,9	1,99	12,6	1,37	6,6	1,61	6,4	1,94	1,8	0,56	4,4	1,26
	C	> 64	1817,6	–	31,0	–	9,2	–	4,1	–	3,3	–	3,2	–	3,5	–
2	O	0–6	114,0	0,04	1446,0	19,20	54,1	4,36	3,0	0,86	2,7	0,41	2,0	1,05	–	–
	A	6–10	2282,3	0,83	40,3	0,53	16,8	1,35	7,3	2,08	23,6	3,63	2,7	1,42	3,9	0,91
	Ees	10–16	2241,1	0,82	21,7	0,29	11,9	0,96	7,1	2,03	18,8	2,89	1,7	0,89	3,4	0,79
	Bhfe	16–28	2107,3	0,77	48,0	0,64	10,9	0,88	3,9	1,11	13,0	2,00	0,4	0,21	3,4	0,79
	C	>28	2740,6	–	75,3	–	12,4	–	3,5	–	6,5	–	1,9	–	4,3	–
3	O	0–2	70,1	0,03	1010,2	63,14	41,8	4,23	3,4	0,62	0,1	0,04	0,6	1,20	–	–
	A	2–4	1800,0	0,71	25,3	1,58	16,4	1,66	12,7	2,31	21,2	8,83	0,6	1,20	5,0	0,86
	Ees	4–12	1207,6	0,48	12,0	0,75	7,8	0,79	7,2	1,31	6,3	2,62	1,0	2,00	3,5	0,66
	Bhfe	12–40	3371,4	1,33	14,6	0,91	7,0	0,71	4,2	0,76	1,6	0,67	0,5	1,00	5,3	0,91
	C	>40	2525,3	–	16,0	–	9,9	–	5,5	–	2,4	–	0,5	–	5,8	–
Gleby bielcowo-rdzawe – Podsolic-rusty soils																
4	O	0–8	89,3	0,03	1095,4	43,82	39,6	4,08	5,5	1,12	0,1	0,09	3,9	3,90	–	–
	A	8–10	2623,4	1,05	237,3	9,49	23,6	2,43	8,2	1,67	20,0	18,18	0,3	0,30	6,7	1,24
	AEes	10–16	2554,3	1,02	191,0	7,64	21,0	2,16	4,7	0,96	4,9	4,45	0,9	0,90	6,4	1,18
	BfeBv	16–42	2628,0	1,05	27,6	1,10	12,6	1,30	4,7	0,96	1,1	1,00	1,3	1,30	6,1	1,13
	C	>42	2491,3	–	25,0	–	9,7	–	4,9	–	1,1	–	1,0	–	5,4	–

TABELA 1 cd. – TABLE 1 continued

Nr profilu Profile No	Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Fe		Mn		Zn		Cu		Pb		Ni		Cr	
			A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
Gleby bielcowo-rdzawe – Podsolich-rusty soils																
5	O	0–3	211,3	0,05	1158,0	10,78	47,3	2,91	5,1	1,50	5,6	0,68	2,3	0,92	–	–
	A	3–11	2490,0	0,62	84,7	0,79	16,5	1,02	4,7	1,38	11,1	1,35	2,4	0,96	8,5	1,18
	AEes	11–30	2345,3	0,58	109,3	1,02	12,3	0,76	4,7	1,38	8,9	1,08	2,0	0,80	6,0	0,83
	BfeBv	30–60	4327,4	1,08	144,2	1,34	18,2	1,12	5,3	1,56	7,0	0,85	3,4	1,36	6,7	0,93
	C	>60	4009,2	–	107,4	–	16,2	–	3,4	–	8,2	–	2,5	–	7,2	–
6	O	0–3	182,3	0,07	1718,2	61,36	57,1	2,99	3,9	0,81	3,5	3,18	2,7	3,86	–	–
	A	3–11	3165,4	1,28	102,6	3,66	20,9	1,09	14,7	3,06	10,3	9,36	3,0	4,28	5,5	1,00
	AEes	11–30	2987,3	1,20	102,0	3,64	18,4	0,96	7,2	1,50	10,2	9,27	1,5	2,14	5,1	0,93
	BfeBv	30–52	3097,7	1,25	102,3	3,65	18,4	0,96	7,2	1,50	4,7	4,27	1,4	2,00	5,3	0,96
	C	>52	2479,6	–	28,0	–	19,1	–	4,8	–	1,1	–	0,7	–	5,5	–
7	O	0–3	177,8	0,07	1026,0	131,54	70,0	4,12	3,6	0,21	2,5	2,27	5,0	2,94	–	–
	A	3–12	2575,4	1,04	66,3	8,50	33,7	1,98	76,1	4,48	13,0	11,82	1,7	1,00	6,1	1,05
	AEes	12–28	2435,4	0,98	78,2	10,02	30,7	1,80	32,1	1,89	8,4	7,64	1,7	1,00	6,0	1,03
	BfeBv	28–49	2680,3	1,08	115,3	14,78	20,9	1,23	20,4	1,20	8,1	7,36	6,3	3,70	6,8	1,71
	C	>49	2475,6	–	7,8	–	17,0	–	17,0	–	1,1	–	1,7	–	5,8	–
8	O	0–8	102,4	0,02	1040,2	26,67	70,0	2,99	3,8	0,68	0,1	0,04	0,1	0,04	–	–
	A	8–14	3111,0	0,88	38,0	0,97	17,3	0,74	5,7	1,02	15,6	5,57	1,4	0,50	8,9	1,00
	AEes	14–20	3012,8	0,85	45,2	1,16	18,4	0,79	5,2	0,93	6,3	2,25	1,0	0,36	7,1	0,80
	BfeBv	20–45	3407,2	0,96	74,6	1,91	20,3	0,87	4,8	0,86	6,9	2,46	2,1	0,75	7,2	0,81
	C	>45	3530,4	–	39,0	–	23,4	–	5,6	–	2,8	–	2,8	–	8,9	–

A – ogólna zawartość pierwiastków – total content of elements; B – wskaźnik rozmieszczenia obliczony ze stosunku zawartości pierwiastka w danym poziomie do jego zawartości w skale macierzystej – distribution index calculated on the basis of ratio of the element in the given horizon to its content in parent rock.

TABELA 2. Zawartość pierwiastków śladowych i żelaza w glebach transektu II [mg/kg s.m.]
 TABLE 2. Content of trace elements and iron in soils on route II [mg/kg of d.m.]

Nr profilu Profile No	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość [cm] Depth [cm]	Fe		Mn		Zn		Cu		Pb		Ni		Cr	
			A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
Gleby bielcowe właściwe – Proper podsolc soils																
9	O	0–6	186,0	0,22	1072,2	126,10	59,5	15,20	3,9	1,95	2,2	2,20	5,9	2,18	–	–
	A	6–9	420,4	0,49	9,9	1,16	7,8	2,00	2,6	1,30	6,1	6,10	2,9	1,07	6,3	0,95
	Ees	9–19	170,0	0,20	7,3	0,86	3,8	0,97	1,7	0,85	1,3	1,30	2,8	1,04	5,9	0,89
	Bhfe	19–38	687,0	0,80	4,2	0,49	6,3	1,61	2,2	1,10	5,3	5,30	3,9	1,44	8,2	1,24
	C	>38	854,6	–	8,5	–	3,9	–	2,0	–	1,0	–	2,7	–	6,6	–
10	O	0–6	124,0	0,11	791,6	31,92	51,2	6,74	2,4	1,26	2,6	2,60	0,1	0,53	–	–
	A	6–12	1697,8	1,46	22,7	0,91	12,4	1,63	4,8	2,53	4,0	4,00	0,9	0,56	4,7	1,57
	Ees	12–17	1573,6	1,35	17,9	0,72	10,7	1,41	2,4	1,26	3,2	3,20	2,3	1,44	4,4	1,47
	Bhfe	17–32	1842,2	1,59	13,5	0,54	9,3	1,22	2,5	1,31	1,0	1,00	3,1	1,94	3,5	1,17
	C	>32	1160,8	–	24,8	–	7,6	–	1,9	–	1,0	–	1,6	–	3,0	–
11	O	0–4	335,0	0,45	330,7	50,88	87,3	5,46	2,3	1,35	7,4	6,17	0,1	0,25	–	–
	A	4–19	510,2	0,66	2,2	0,34	7,9	0,49	1,2	0,70	1,5	1,25	0,1	0,25	2,5	0,59
	Ees	19–28	557,6	0,73	3,7	0,57	4,8	0,30	1,3	0,76	1,4	1,67	0,1	0,24	2,8	0,67
	Bhfe	28–52	1645,6	2,14	5,1	0,78	10,4	0,65	1,9	1,12	1,2	1,00	0,5	1,25	4,7	1,12
	C	>52	767,4	–	6,5	–	16,0	–	1,7	–	1,2	–	0,4	–	4,2	–
12	O	0–7	320,0	0,39	234,0	15,60	89,7	5,79	2,3	1,35	17,1	17,10	3,0	0,48	–	–
	A	7–27	491,2	0,60	7,3	0,49	10,2	0,66	1,8	1,06	17,8	17,80	3,0	0,49	3,0	0,75
	Ees	27–34	218,0	0,27	4,3	0,29	6,3	0,41	1,4	0,82	1,9	1,90	2,9	4,52	3,5	0,87
	Bhfe	34–52	743,0	0,91	8,2	0,55	14,4	0,93	1,6	0,94	2,7	2,70	4,9	0,79	4,4	1,10
	C	>52	812,0	–	15,0	–	15,5	–	1,7	–	1,0	–	6,2	–	4,0	–

TABELA 2 cd. – TABLE 2 continued

Nr profilu Profile No	Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Fe		Mn		Zn		Cu		Pb		Ni		Cr	
			A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
13	O	0–7	297,0	0,35	726,6	36,33	189,6	15,80	3,9	2,44	17,7	3,05	4,9	1,44	–	–
	A	7–17	1654,2	1,97	16,6	0,83	36,5	3,04	3,4	2,12	63,6	10,60	3,9	1,15	5,3	0,87
	AEes	17–21	996,4	1,18	12,3	0,61	15,1	1,25	1,6	1,00	13,4	2,23	3,1	0,91	4,7	0,77
	Ees	21–30	765,4	0,91	10,7	0,53	12,5	1,04	1,4	0,87	0,8	0,13	3,8	1,12	3,0	0,49
	Bhfe	30–45	803,6	0,96	21,7	1,08	11,9	0,99	1,6	1,00	5,8	0,97	3,4	1,00	6,0	1,02
	C	>45	840,2	–	20,0	–	12,0	–	1,6	–	6,0	–	3,4	–	6,1	–
14	O	0–7	212,0	0,30	127,6	39,87	66,6	7,32	4,0	2,00	12,0	10,91	0,8	2,00	–	–
	A	7–12	696,2	1,00	5,2	1,62	6,1	0,67	4,9	2,45	14,2	12,91	0,7	1,75	5,1	1,76
	Ees	12–22	533,0	0,77	3,9	1,22	5,9	0,65	2,5	1,25	7,4	6,73	1,5	3,75	5,5	1,90
	Bhfe	22–65	804,4	1,16	5,1	1,28	8,6	0,94	3,1	1,55	4,5	4,09	0,9	2,25	5,0	1,72
	C	>65	695,4	–	3,2	–	9,1	–	2,0	–	1,1	–	0,4	–	2,9	–
Gleby bielcowo-rdzawe – Podsolich-rusty soils																
8	O	0–8	102,0	0,03	1040,0	26,67	70,0	2,99	3,8	0,68	0,1	0,04	0,1	0,04	–	–
	A	8–14	3111,0	0,88	38,0	0,97	17,3	0,74	5,7	1,02	15,6	5,57	1,4	0,50	8,9	1,00
	AEes	14–20	3012,0	0,85	45,0	1,15	18,4	0,77	5,2	0,93	6,3	2,25	1,0	0,36	7,1	0,80
	BfeBv	20–45	3407,0	0,96	74,3	1,90	20,3	0,87	4,8	0,96	6,9	2,46	2,1	0,75	7,2	0,81
	C	>45	3530,0	–	39,0	–	23,4	–	5,6	–	2,8	–	2,8	–	8,9	–
15	O	0–7	189,0	0,06	232,0	14,68	58,4	4,39	3,9	1,44	4,7	4,27	2,1	0,22	–	–
	A	7–21	5785,6	1,94	39,9	2,52	118,9	8,94	78,8	2,92	15,6	14,18	9,8	1,05	7,9	1,02
	AEes	21–32	388,2	0,13	5,6	0,35	12,1	0,91	2,5	0,92	1,6	1,45	5,1	0,55	3,1	0,40
	BfeBv	32–50	2696,8	0,91	7,8	0,49	27,6	2,07	2,4	0,89	11,7	10,64	7,3	0,78	7,2	0,93
	C	>50	2976,0	–	15,8	–	13,3	–	2,7	–	1,1	–	9,3	–	7,7	–

Objaśnienia jak w tabeli 1 – Explanations see Table 1.

odpowiednio 232,0 i 1040,0 mg/kg s.m. i są 15- i 27-krotnie większe niż w skale macierzystej. Na ogół średnia zawartość manganu w poziomach mineralno-organicznych i mineralnych była większa w glebach bielcowo-rdzawych niż w glebach bielcowych.

Najmniej manganu w profilach transektu I stwierdzono w skale macierzystej C gleb bielcowo-rdzawych, a następnie w poziomach wymycia Ees gleb bielcowych. Ponadto zauważa się tendencję do akumulacji Mn w poziomach wymycia Bfe, Bv gleb bielcowo-rdzawych. Wskaźnik rozmieszczenia manganu w tych poziomach waha się w granicach 1,10–14,78. Natomiast w analogicznych poziomach gleb transektu II jest on znacznie mniejszy i wynosi od 0,49 do 1,28.

Cynk. Największą zawartość cynku stwierdzono w poziomach organicznych niezależnie od podtypu gleby i jej lokalizacji. Jest to podobna prawidłowość jak w przypadku profilowego rozmieszczenia manganu. W poziomach organicznych gleb transektu I zawartość cynku wahała się w granicach 39,6–70,0 mg/kg s.m., w tym w glebach bielcowych od 40,5 do 54,1 mg/kg s.m. Dla analogicznych poziomów gleb transektu II wartości te wynoszą 51,2–189,6 mg/kg s.m. W omawianych poziomach gleb transektu I zawartość cynku była około 3,0- i 4,4-krotnie większa niż w skale macierzystej. W analogicznych poziomach gleb transektu II wartość ta wahała się od około 3 do 16.

W pozostałych analizowanych poziomach genetycznych gleb transektu I zawartość cynku wahała się w granicach 7,0–33,7 mg/kg s.m., a w analizowanych poziomach gleb transektu II od 3,8 do 36,5 mg/kg s.m. Na ogół najmniej omawianego pierwiastka przypada na poziomy wymycia Ees gleb bielcowych bądź na skałę macierzystą C gleb niezależnie od analizowanego transektu. Wskaźnik rozmieszczenia cynku w poziomach wymycia Ees wynosił od 0,30 do 1,41 w stosunku do skały macierzystej. Natomiast w poziomach wymycia Bhfe tych gleb wspomniany wskaźnik wahał się w granicach 0,65–1,61. W poziomach wymycia gleb bielcowo-rdzawych wskaźnik rozmieszczenia cynku w stosunku do skały macierzystej był nieco wyższy i wynosił 0,87–2,07.

Miedź. Zawartość miedzi w analizowanym materiale, niezależnie od miejsca usytuowania profilu badawczego oraz od podtypu, wahała się od 1,2 do 78,8 mg/kg s.m. Najwięcej miedzi w analizowanych glebach przypada na ich poziomy mineralno-organiczne A i organiczne O. W poziomach tych ilość tego pierwiastka wynosi odpowiednio 1,8–78,8 i 2,3–5,1 mg/kg s.m. Rozpatrując rozmieszczenie miedzi w poszczególnych poziomach genetycznych gleb, nie stwierdza się wyraźnego zubożenia w ten pierwiastek poziomów wymycia Ees w stosunku do skały macierzystej C. Niewielką tendencję zauważa się głównie w glebach bielcowych transektu II. Podobnie w nielicznych tylko przypadkach poziomy wymycia zostały wzbogacone w miedź.

Ołów. Największą zawartość ołowiu stwierdzono w poziomach mineralno-organicznych A badanych gleb niezależnie od usytuowania profilu i od podtypu gleby. Ilość ołowiu w tych poziomach wahała się w granicach od 1,5 do 63,5 mg/kg s.m. Natomiast poziomy organiczne O tych gleb zawierały znacznie mniej ołowiu, zwłaszcza gleby transektu I, gdzie zawartość Pb wahała się w granicach 0,1–5,6 mg/kg s.m. W omawianych poziomach gleb transektu II ilość ołowiu wahała się od 0,1 do 17,1 mg/kg s.m. Na ogół nie stwierdzono zubożenia w ołów poziomów wymycia Ees zarówno w glebach transektu I, jak i II. Natomiast w niektórych profilach gleb bielcowych transektu II (profile 9, 12, 13) zauważa się niewielkie zubożenie poziomów wymycia Ees w stosunku do poziomów wymycia Bhfe.

Nikiel. Zawartość niklu w badanych glebach wahała się od 0,1 do 9,3 mg/kg s.m. Przy czym w glebach transektu I największa jego ilość przypada na poziomy organiczne O i mineralno-organiczne A, a w glebach transektu II głównie na głębsze poziomy mineralne. Na podstawie wskaźnika rozmieszczenia trudno jest jednoznacznie mówić o zubożeniu poziomów wmycia w ten pierwiastek, jak i o wzbogaceniu nim poziomów wmycia.

Chrom. Spośród analizowanych pierwiastków wykazuje on najmniejsze ilościowe zróżnicowanie w analizowanych profilach glebowych. Jego ilość niezależnie od lokalizacji profilu wahała się od 2,5 do 8,9 mg/kg s.m. Na ogół można powiedzieć, że gleby bielcowo-rdzawe są nieco bogatsze w chrom w porównaniu z glebami bielcowymi zarówno zlokalizowanymi w transekcje I, jak i II.

Żelazo. Zawartość żelaza w analizowanych profilach glebowych układała się inaczej niż ilość manganu i cynku. Najmniejsza jego zawartość przypada na poziomy organiczne O i wynosi 63,0–335,0 mg/kg s.m. W poziomach głębszych ilość żelaza znacznie się zwiększa i waha się w granicach 170,0–5785,6 mg/kg s.m. Najwięcej tego pierwiastka przypada na poziomy wmycia bądź skałę macierzystą. W poziomach wmycia gleb bielcowych transektu I zawartość Fe waha się od 2107,3 do 3371,4 mg/kg s. m., a bielcowo-rdzawych od 2628,0 do 4327,4 mg/kg s. m. Dla analogicznych poziomów gleb transektu II wartości te wynoszą odpowiednio 687,0–1645,6 mg/kg s. m. oraz 2698,6 i 3407,0 mg/kg s. m. Wskaźnik rozmieszczenia żelaza w tych poziomach gleb bielcowych transektu I waha się od 0,77 do 1,48, a transektu II od 0,80 do 2,14. Wskaźnik ten dla poziomów wmycia gleb bielcowo-rdzawych transektu I wynosi od 0,80 do 2,14, a transektu II od 0,91 do 0,96. Zubożenie w omawiany pierwiastek wystąpiło w większości poziomów Ees gleb bielcowych. Wskaźnik rozmieszczenia żelaza w tych poziomach transektu I wynosi 0,48–1,38, a w glebach transektu II od 0,20 do 1,35. Na ogół gleby transektu I wykazują większą zawartość żelaza niż gleby transektu II.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I Dyskusja

Skład chemiczny gleby jest głównie determinowany przez skałę macierzystą, z której dana gleba została wytworzona, oraz w mniejszym zakresie działalnością

TABELA 3. Korelacje między zawartością pierwiastków śladowych i żelaza w skale macierzystej a ich zawartością w innych poziomach genetycznych

TABLE 3. Correlation between the content of trace elements and iron in parent rock and their content in other genetic horizon of soils

Poziom genetyczny Genetic horizon	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr
O	-0,5028	0,2247	0,1340	0,1329	0,0058	0,2007	–
A	0,7102 ^x	0,2202	0,0975	0,6248 ^{xx}	0,0585	0,8771 ^{xx}	0,7970 ^x
Ees	0,6691 ^{xx}	0,4194 ^x	0,4391 ^x	0,9736 ^{xx}	0,2648	0,8761 ^{xx}	0,6447 ^x
Bhfe, Bv	0,9123 ^{xx}	0,8400 ^{xx}	0,6611 ^{xx}	0,9700 ^{xx}	0,2630	0,7608 ^{xx}	0,8704 ^{xx}

^xP = 0,05; ^{xx}P = 0,01

człowieka i czynnikami klimatyczno-biologicznymi. Analiza statystyczna badanego materiału wykazała wysoce istotną korelację między zawartością miedzi, niklu, chromu i żelaza w poziomach A, Ees, Bhfe i Bv a ich zawartością w skale macierzystej (tab. 3). Istotną korelację stwierdzono również między zawartością manganu i cynku w poziomach Ees, Bhfe i Bv a ich zawartością w skale macierzystej. O podobnych zależnościach donoszą Czarnowska [1977], Gworek [1985], Skłodowski i Maciejewska [1986].

W niniejszej pracy nie stwierdzono związku między zawartością ołowiu w analizowanych poziomach genetycznych gleby a jego ilością w skale macierzystej. Analiza statystyczna nie wykazała również związku między zawartością żelaza, manganu, cynku, miedzi, ołowiu i niklu w poziomach organicznych gleb (O) a ilością tych pierwiastków w skale macierzystej.

Ogólna zawartość analizowanych pierwiastków śladowych i żelaza w rozpartywanych poziomach genetycznych gleb transektu I układa się w następujących szeregach ilościowych w mg/kg s.m. (tab. 4):

dla poziomów organicznych (O):

Mn (1183,4) > Fe (126,3) > Zn (52,5) > Cu (4,2) > Ni (2,5) > Pb (1,8)

dla poziomów mineralno-organicznych (A):

Fe (2604,0) > Mn (93,2) > Zn (19,7) > Cu (16,6) > Pb (16,0) > Cr (6,2) > Ni (1,8)

dla poziomów wymycia (Ees):

Fe (2406,3) > Mn (76,3) > Zn (16,6) > Pb (10,0) > Cu (8,8) > Cr (5,3) > Ni (1,5)

dla poziomów wymycia (Bhfe, Bv):

Fe (3040,2) > Mn (73,2) > Zn (15,1) > Cu (7,1) > Pb (6,0) > Cr (5,6) > Ni (2,1)

dla poziomów skały macierzystej (C):

Fe (2758,3) > Mn (49,0) > Zn (14,6) > Cu (6,1) > Cr (5,8) > Pb (2,9) > Ni (1,7)

Analogiczne szeregi dla gleb z transektu II układają się następująco:

dla poziomów organicznych (O):

Mn (501,4) > Fe (237,8) > Zn (86,0) > Pb (9,1) > Cu (3,2) Ni (2,4)

dla poziomów mineralno-organicznych (A):

Fe (1607,9) > Zn (28,5) > Pb (17,5) > Mn (14,6) > Cu (13,9) > Cr (4,9) > Ni (3,0)

dla poziomów wymycia (Ees):

Fe (633,4) > Zn (8,4) > Mn (7,0) > Pb (4,3) = Cr (4,3) > Ni (3,5) > Cu (2,1)

dla poziomów wymycia (Bhfe, Bv):

Fe (1311,9) > Zn (12,7) > Mn (7,0) > Cr (5,1) > Pb (3,6) > Ni (3,5) > Cu (2,1)

dla poziomów skały macierzystej (C):

Fe (1152,9) > Zn (11,2) > Mn (10,3) > Cr (4,9) > Ni (3,4) > Cu (1,9) > Pb (1,0)

Uwzględniając niską zawartość analizowanych pierwiastków śladowych w skale macierzystej badanych gleb, można uznać, że wzbogacenie poziomów organicznych i mineralno-organicznych w miedź i ołów jest wynikiem ich biologicznej akumulacji i antropogenizacji środowiska. Podobne wyniki otrzymali Czarnowska i in. [1983], Dzieciotowski i Kociałkowski [1972], Konecka-Betley i in. [1994], Skłodowski i Maciejewska [1986] oraz Szczubiatka [1978].

Wpływ działalności człowieka na wzbogacenie wierzchnich poziomów gleb w cynk, ołów i niekiedy miedź jest szczególnie widoczny w glebach użytkowa-

TABELA 4. Średnia zawartość [mg/kg s.m.] pierwiastków śladowych i żelaza w poziomach genetycznych badanych gleb
 TABLE 4. Mean content [mg/kg of d.m.] of trace elements and iron in genetic horizons of investigated soils

Poziom genet. Genetic horizon	Nr tran- sektu Course No	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr
O	I	126,3	1183,4	52,5	4,2	1,8	2,5	–
	II	237,8	501,4	86,0	3,2	9,1	2,4	–
A	I	2604,0	96,3	19,7	16,6	16,0	1,8	6,2
	II	1607,9	14,6	28,5	13,9	17,5	3,0	4,9
Ees	I	2406,3	70,4	16,6	8,8	10,0	1,5	5,3
	II	633,4	7,0	8,4	1,9	4,3	2,5	4,3
Bhfe, Bv	I	3040,2	73,2	15,1	7,1	6,0	2,1	5,6
	II	1311,9	7,0	12,7	2,1	3,6	3,5	5,1
C	I	2758,3	49,0	14,6	6,1	2,9	1,7	5,8
	II	1152,9	10,3	11,2	1,9	1,0	3,4	4,9

nych wzdłuż transektu II, będących w zasięgu oddziaływania Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (profile nr 12, 13, 14, 15). Do podobnych wniosków dotyczących oddziaływania przemysłu i aglomeracji miejskich na zawartość metali ciężkich doszli Borkowski i in. [1993], Czarnowska i in. [1983], Konecka-Betley i in. [1994], Drozd i in. [1995] oraz Skiba i in. [1994].

Z przeprowadzonych badań wynika, że chrom i nikiel nie wykazują charakterystycznych stref koncentracji w analizowanych glebach bielcowych i bielcowo-rdzawych. Jest to prawdopodobnie wynikiem uziarnienia tych gleb, które w całym profilu wykazują skład piasków luźnych [Degórski 1996b]. Wcześniejsze wyniki badań wskazują, że rozmieszczenie tych pierwiastków w profilach glebowych związane jest z rozmieszczeniem w nich części spławialnych [Czarnowska 1977, Gworek 1985].

Ustosunkowując się do wartości podanych przez Kabatę-Pendias i in. [1993], można stwierdzić, że spośród analizowanych pierwiastków śladowych tylko cynk wykazuje podwyższoną zawartość w wierzchnich poziomach wszystkich gleb usytuowanych wzdłuż transektu II. W nielicznych tylko przypadkach można mówić o podwyższonej zawartości ołowiu i miedzi w wierzchnich poziomach gleb transektów I i II. Obliczona średnia zawartość pierwiastków śladowych w analizowanych poziomach genetycznych gleb wyraźnie wskazuje na większą akumulację cynku i ołowiu w wierzchnich poziomach gleb transektu II w porównaniu z ich zawartością w analogicznych poziomach gleb transektu I.

WNIOSKI

1. Poziomy organiczne i mineralno-organiczne badanych gleb bielcowych i bielcowo-rdzawych, niezależnie od ich lokalizacji, wykazują wyraźną akumulację manganu i cynku; poziomy mineralno-organiczne tych gleb są również

wzbogacone w miedź i ołów. Wraz z głębokością zmniejsza się zawartość wymienionych pierwiastków.

2. Wierzchnie poziomy gleb zlokalizowanych wzdłuż transektu II (kierunek południowo-zachodni do północno-wschodniego) wykazują większe nagromadzenie cynku i ołowiu (zwłaszcza w strefie oddziaływania Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego) w porównaniu z analogicznymi poziomami gleb transektu I (kierunek zachód-wschód).

3. Analiza statystyczna wykazała wysoce istotne korelacje między zawartością miedzi, niklu, chromu i żelaza w poziomach mineralno-organicznych gleb bielicowych i biellicowo-rdzawych a ich zawartością w skale macierzystej oraz istotną korelację pomiędzy zawartością manganu i cynku w poziomach mineralnych tych gleb a zawartością tych pierwiastków w skale macierzystej.

4. Nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością ołowiu w badanych poziomach genetycznych gleb bielicowych i biellicowo-rdzawych a jego zawartością w skale macierzystej.

5. Najmniejsze zróżnicowanie ilościowe w poziomach genetycznych badanych gleb wykazywały chrom i nikiel.

LITERATURA

- BORKOWSKI J., DIETRYCH A., KOCOWICZ A., SZERSZEŃ L. 1993: Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinności Karkonoskiego Parku Narodowego. *Ekologiczne Problemy Karkonoszy*. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego: 131–135.
- CZARNOWSKA K. 1977: Zawartość metali ciężkich w glebach płowych Wysoczyzny Siedleckiej. *Zesz. Nauk. SGGW-AR, Rol.* **16**: 39–47.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., KOZANECKA T. 1983: Zawartość metali ciężkich w glebach i mchu Kampinoskiego Parku Narodowego. Wyd. SGGW, Warszawa: 123–137.
- DEGÓRSKI M. 1984: Comparison of continentality degree in Poland by determined by climatological and bioindicative methods. *Prz. Geogr.* **56**, 2/3: 55–73.
- DEGÓRSKI M. 1985: An investigation into the spatial variability of continentality in West and Central Europe by the Ellenberg method. *Docum. Phytosoc.* **9**: 337–349.
- DEGÓRSKI M. 1996a: Charakterystyka morfolitologiczna siedlisk borów i borów mieszanych na transektach badawczych. *Dokum. Geogr.* **3** (w druku).
- DEGÓRSKI M. 1996b: Zróżnicowanie fizykochemicznych właściwości gleb na transektach. *Dokum. Geogr.* **3** (w druku).
- DROZD J., LICZNAK M., WEBER J. 1995: Zawartość metali ciężkich w podpoziomach próchnicy nadkładowej w glebach degradowanych ekosystemu leśnego w Karkonoszach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* Supplement, **416**: 851–857.
- DZIECIOŁOWSKI W., KOCIAŁKOWSKI 1972: Mikroskładniki w bielicach przybałtyckich. *Konf. Teren. nt.: Geneza i właściwości bielic przybałtyckich*. Wyd. PTG: 18–21.
- GWOREK B. 1985: Pierwiastki śladowe (Mn, Zn, Cr, Cu, Ni, Co, Pb i Cd) w glebach uprawnych wytworzonych z glin zwałowych i utworów pyłowych północno-wschodniego regionu Polski. Cz. II. Ogólna zawartość pierwiastków śladowych w glebach wytworzonych z glin zwałowych. *Rocz. Glebozn.* **3**, 2: 43–59.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK J., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Puławy: 1–20.
- KONECKA-BETLEY K., CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANOWSKA E. 1994: Właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb w Kampinoskim Parku Narodowym (stan na rok 1991). (W:) Prognozowanie przemian właściwości chemicznych gleb Kampinoskiego Parku Narodowego

- na tle innych komponentów środowiska przyrodniczego. Wyd. Fundacja "Rozwój SGGW", Warszawa: 17–70.
- SKIBA S., DREWNIAK M., SZMUC R. 1994: Metale ciężkie w glebach wybranych rejonów Karkonoszy. Karkonoskie badania ekologiczne. II Konf., Oficyna Wyd. Instytutu Ekologii PAN: 125–134.
- SKŁODOWSKI P., MACIEJEWSKA A. 1986: Pierwiastki śladowe w glebach rdzawych wytworzonych z piaskowców triasowych. *Rocz. Glebozn.* **37**, 1: 67–78.
- SKRZYPCZAK W. 1993: Geografia ekonomiczna. Cz. II. Polska. Wyd. Efekt, Warszawa: 1–124.
- SZCZUBIAŁKA Z. 1978: Badania nad rozmieszczeniem Al, Fe, Mn, Zn i Cu w glebach leśnych pod drzewostanami sosnowymi. *Rocz. Glebozn.* **29**, 3: 79–89.

B. Gworek*, M. Degórski**

TRACE ELEMENTS AND IRON DISTRIBUTION OF SOIL PROFILES IN PINE FOREST AREA

*Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University,

** Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences

Summary

The content of trace elements and iron was investigated in podsolic and podsolic-rusty soil profiles. It was observed that Mn and Zn and, in some cases, Cu and Pb were highly accumulated in the soil surface horizons.

Statistical analysis indicate the essential correlation between Cu, Ni, Cr, Fe, Mn, and Zn content in the soil genetic horizons and in the parent rock.

Praca wpłynęła do redakcji w maju 1996 r.

*Dr hab. Barbara Gworek
Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie
02-528 Warszawa, Rakowiecka 26/30*