

PIOTR SKŁODOWSKI, ANDRZEJ SAPEK

ROZMIESZCZENIE Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb i Cd W PROFILACH CZARNOZIEMÓW LEŚNO-STEPOWYCH

Laboratorium Gleboznawstwa Instytutu Geodezji Gospodarczej
Politechniki Warszawskiej

WSTĘP

Znajomość rozmieszczenia metali ciężkich w profilach określonych typów lub rodzajów gleb pozwala na pełniejsze śledzenie procesów glebotwórczych, pomaga przy badaniu potrzeb nawożenia mikroelementami oraz jest materiałem odniesienia przy rozpatrywaniu skażenia gleb. Wprawdzie wykonano w kraju wiele analiz w celu ustalenia wartości metali ciężkich w glebach, nie dostarczyły one jednak wyczerpujących informacji dla licznych typów i rodzajów gleb. Prócz tego liczba oznaczeń kobaltu, niklu, ołowiu i kadmu jest nadal skromna.

Zadaniem przedstawionej pracy było poznanie zawartości metali ciężkich w czarnoziemach leśno-stepowych.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

W systematyce Gleb Polski opracowanej przez Komisję Genezy, Kłasyfikacji i Kartografii Gleb Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego w roku 1969 w klasie gleb czarnoziemnych wyróżnia się typ czarnoziemów leśno-stepowych [6]. Na terenie Polski czarnoziemy leśno-stepowe zajmują stosunkowo mały obszar. Występują one tylko na znaczniejszych obszarach w rejonach: hrubieszowsko-tomaszowskim, opatowsko-sandomierskim, proszowickim i rzeszowskim. Gleby te na obszarze Polski powstały wyłącznie z lessów.

Badaniami objęto łącznie 13 profilów, w tym: z czarnoziemów proszowickich — 4, opatowsko-sandomierskich — 4, hrubieszowsko-tomaszowskich — 5. Wśród zbadanych czarnoziemów występują tylko czarnoziemy wytworzone z lessów ilastych, w których zawartość frakcji ko-

loidalne] wynosi średnio około 15 %. Nagromadzenie tych cząstek przypada przeważnie na poziomy przejściowe $A_1(B)$ lub na poziomy próchniczo-iluwalne-węglanowe A_1B_{Ca} (tab. 1).

Wśród zbadanych gleb występuje wyłącznie podtyp czarnoziemów leśno-stepowych zdegradowanych. Na podstawie morfologii oraz rozmieszczenia żelaza w profilu można przypuszczać, że są to czarnoziemy, które uległy częściowemu zbrunatnieniu. Z gleb tych w mniejszym lub większym stopniu został wymyty węglan wapnia, a nawet niekiedy uległy one zakwaszeniu. W czarnoziemach namywanych zawartość węglanu wapnia jest na ogół niewielka (tab. 1), przy czym niektóre z nich zawierają go w całym profilu. W czarnoziemach nie ulegających procesom erozyjnym węglan wapnia występuje w największych ilościach w poziomach głębszych, natomiast w czarnoziemach zmywanych jest on często już w poziomach próchnicznych i przejściowych.

Na ogół zbadane czarnoziemy odznaczają się stosunkowo niską zawartością próchnicy w poziomach akumulacyjnych (tab. 1). Miąższość poziomów próchnicznych zależy od położenia tych gleb. Czarnoziemy namywane, położone w terenach obniżonych, odznaczają się dużą miąższością poziomów próchnicznych, gdy tymczasem czarnoziemy zmywane, występujące najczęściej na wyżej położonych stokach, odznaczają się małą ich miąższością.

W profilach czarnoziemów do głębokości 150 cm przeważnie stwierdzano trzy poziomy zróżnicowania: próchniczny A_1 , przejściowy — najczęściej $A_1(B)$ i poziom skały macierzystej — less. W niektórych jednak profilach występują wyraźne poziomy iluwalne węglanowe B_{Ca} o zabarwieniu brunatnym z białymi smugami.

Wśród zbadanych czarnoziemów wyróżniono następujące rodzaje i gatunki:

- czarnoziemy zdegradowane wytworzone z lessów ilastych,
- czarnoziemy zdegradowane namywane wytworzone z lessów ilastych,
- czarnoziemy zdegradowane zmywane wytworzone z lessów ilastych.

Skład mechaniczny gleb oznaczono metodą Bouyoucosa według Casagrande, w modyfikacji Prószyńskiego.

Podstawowe właściwości fizykochemiczne oznaczono metodami ogólnie przyjętymi: pH — metodą elektrometryczną, $CaCO_3$ — metodą Scheiblera, C ogółem — metodą Tiurina.

Metale ciężkie Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb i Cd oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej w roztworach otrzymanych w wyniku trawienia próbek glebowych kwasem nadchlorowym [13]. Przed trawieniem wysuszone próbki glebowe rozcierano w moździerzu agatowym. W wyniku takiego postępowania oznacza się 80—100% całkowitej zawartości omawianych pierwiastków.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Żelazo, nikiel i kobalt. Są to pierwiastki o zbliżonych właściwościach chemicznych i geochemicznych, co mogło być powodem ich podobnego zachowania się w badanych glebach. Ich zawartość w profilu prawie nie uległa zróżnicowaniu, choć zazwyczaj była nieznacznie większa w poziomie przejściowym. Przy porównaniu wszystkich profili zawartość tych pierwiastków w kolejnych poziomach odznaczała się bardzo niskim współczynnikiem zmienności, który był najmniejszy dla skały macierzystej (tab. 3—5). Ponadto stwierdzono wysoce istotną zależność między zawartością tych pierwiastków w wyróżnionych poziomach. Godna uwagi jest istotna zależność między zawartością żelaza i niklu w poziomie przejściowym, a także brak takiej zależności w skale macierzystej. W poziomie przejściowym znaleziono również wyraźne zależności między zawartością pierwiastków omawianej triady a większością pozostałych metali ciężkich. Dla wszystkich stwierdzono wysoce istotną korelację z zawartością cynku, manganu i ołowiu, a dla niklu nawet z zawartością miedzi. W skale macierzystej natomiast zawartość pierwiastków triady była wysoce istotnie skorelowana tylko z zawartością miedzi, a zawartość niklu i kobaltu także z ołowiem. W poziomie próchnicznym wysoce istotna korelacja ograniczała się tylko dla zawartości niklu i cynku oraz dla kobaltu i ołowiu (tab. 3, 4, 5).

M a n g a n. Stężenie tego pierwiastka na ogół malało w głąb profilu. Średni współczynnik wzbogacenia w mangan poziomu próchnicznego w stosunku do skały macierzystej wynosił 1,30 i był najmniejszy dla czarnoziemów tomaszowsko-hrubieszowskich (1, 23), a największy dla czarnoziemów sandomiersko-opatowskich (1, 74). Także w przypadku manganu stwierdzono niski współczynnik zmienności w różnych poziomach. Tylko w poziomach przejściowych znaleziono istotną zależność między zawartością manganu a zawartością innych metali ciężkich (żelaza, niklu, kobaltu, cynku i ołowiu). Również tylko w poziomie przejściowym obserwowano wysoce istotną dodatnią zależność między zawartością manganu i żelaza koloidalnego (tab. 3—5).

C y n k. Również stężenie cynku malało w głąb profilu, średni współczynnik wzbogacenia poziomu próchnicznego w stosunku do skały macierzystej wynosił 1,36 i miał największą wartość dla czarnoziemów proszowickich, a najmniejszą dla tomaszowsko-hrubieszowskich. Współczynnik zmienności stężenia cynku był stosunkowo wysoki dla poziomu próchnicznego i niski dla poziomu przejściowego i skały macierzystej (tab. 3—5). Zawartość cynku we wszystkich poziomach była istotnie uzależniona od zawartości części spławialnych, a w poziomie przejściowym także od zawartości żelaza koloidalnego. W poziomie próchnicznym zawartość cyn-

Niektóre właściwości fizykochemiczne czarnoziemów leśno-stepowych
Some physico-chemical properties of the forest - steppe chernozems

Miejscowość Locality	Nr pro- filu Pro- file No.	Poziom genez- tyczny Genetic horizon	Głębokość pobrania próbki Sampling depth cm	Procent zawartości cząstek % of the content of particles		CaCO ₃ %	pH _{H₂O}	C %
				< 0,02	< 0,002			
				1	2			
Czarnoziemy zdegradowane wytworzone z lessów ilastych Degraded chernozems developed from clayey loesses								
Jazdowiczki powiat - county Proszowice	2	A ₁ A ₁ (B) C	5-15 50-70 95-105	42,0 40,0 34,0	14,0 12,0 13,0	0,2 0,1 0,2	7,2 7,4 7,5	1,40 0,36 -
Klimontów powiat - county Proszowice	3	A ₁ A ₁ (B) C	5-10 40-45 100-110	46,0 50,0 42,0	13,0 18,0 14,0	0,7 0,2 13,8	7,8 7,9 8,0	1,58 0,40 -
Stodoły powiat - county Opatów	8	A ₁ A ₁ (B) (B)C C	0-10 50-60 75-85 135-140	30,0 37,0 42,0 37,0	5,0 12,0 9,0 8,0	0,0 0,0 0,0 4,3	6,6 6,4 6,5 7,5	1,50 0,39 - -
Rożki powiat - county Sandomierz	10	A ₁ A ₂ (B) C	0-20 50-65 65-80	37,0 40,0 32,0	16,0 17,0 11,0	0,0 0,0 0,0	6,2 6,1 6,5	1,37 0,75 0,41
Łaszczów powiat - county Tomaszów	12	A ₁ A ₁ (B) (B)C C	0-20 45-60 65-80 140-150	35,0 35,0 35,0 33,0	13,0 16,0 16,0 14,0	0,0 0,0 0,0 6,9	7,6 7,8 7,9 8,0	1,25 0,54 0,25 -
Nowosiółki powiat - county Tomaszów	14	A ₁ A ₁ A ₁ ^B C _a C	5-20 35-45 75-90 145-150	44,0 46,0 46,0 40,0	13,0 17,0 16,0 9,0	0,0 1,4 11,8 9,8	7,6 7,9 7,9 8,0	1,82 1,12 0,65 -
Czerniczyn powiat - county Hrubieszów	16	A ₁ A ₁ A ₁ ^B C _a C	5-20 40-55 65-80 140-150	41,0 50,0 50,0 42,0	11,0 17,0 17,0 4,0	3,5 5,3 14,5 7,3	8,0 8,0 8,0 8,0	1,79 1,59 0,41 -
Czarnoziemy zdegradowane namywane wytworzone z lessów ilastych Onwashed degraded chernozem developed from clayey loesses								
Kurów powiat - county Sandomierz	11	A ₁ A ₁ A ₁ A ₁ ^B C _a	5-20 35-50 70-85 140-150	40,0 44,0 45,0 57,0	22,0 13,0 13,0 20,0	0,0 0,0 0,0 31,2	6,3 6,4 6,8 7,4	1,56 1,08 1,83 2,65
Telatyn powiat - county Tomaszów	13	A ₁ A ₁ A ₁ (B) (B)C	5-20 70-85 90-105 145-150	44,0 48,0 46,0 43,0	13,0 14,0 14,0 9,0	0,0 0,0 0,0 0,2	7,5 7,6 7,9 8,0	2,23 1,81 1,17 0,15

cd. tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Witków powiat - county Hrubieszów	15	A ₁	5-20	36,0	13,0	0,0	7,9	1,56
		A ₁	60-70	40,0	16,0	0,0	8,0	1,36
		A ₁ (B)	85-95	40,0	15,0	0,0	8,0	0,83
		C	145-150	38,0	13,0	0,0	8,0	0,17
Pawłowice powiat - county Proszowice	6	A ₁	3-15	57,2	20,7	1,3	7,6	1,61
		A ₁	40-45	60,0	25,0	0,3	7,7	1,18
		A ₁ (B)	90-100	54,0	23,0	0,2	7,8	0,51
		CB _{Ca}	140-150	50,4	20,6	13,8	8,0	-
Czarnoziemy zdegradowane zmywane wytworzone z lessów ilastych Outwashed degraded chernozem developed from clayey loesses								
Jakubowice powiat - county Proszowice	7	A ₁	5-10	42,8	14,9	5,6	7,8	1,13
		A ₁ B _{Ca}	30-35	43,7	14,9	9,1	8,0	-
		B _{Ca}	60-75	44,0	14,0	11,2	8,0	-
Chwałki powiat - county Opaków	9	A ₁	0-20	37,0	10,0	0,0	6,1	1,07
		A ₁ (B)	10-50	44,0	17,0	0,0	6,7	0,32
		(B)B	55-70	39,0	13,0	0,0	6,8	-
		BC	140-145	37,0	9,0	6,6	7,6	-

Tabela 2

Zawartość metali ciężkich w czarnoziemach leśno-stepowych
Content of heavy metals in the forest-steppe chernozem

Nazwa geograficzna Geographical name	Poziom genetyczny Genetic horizon	Fe	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
		%	ppm						
Proszowskie /4 profile/ /4 profiles/	A ₁	1,60	67	402	17,5	8,0	20,3	22,2	0,51
	A ₁ (B), A ₁ B _{Ca}	1,80	44	344	10,2	8,1	21,3	12,3	0,10
	C	1,56	35	304	8,9	7,6	18,8	11,9	0,12
	Współczynnik wzbogacenia Enrichment coefficient A ₁ /C	1,03	1,91	1,32	1,96	1,05	1,08	1,86	4,25
Sandomiersko- Opawskie /4 profile/ /4 profiles/	A ₁	1,41	42	493	10,7	6,5	13,6	16,9	0,26
	A ₁ (B), (B)B	1,47	37	363	11,5	7,7	17,9	13,7	0,08
	C	1,39	30	294	7,8	5,9	14,3	10,0	0,07
	Współczynnik wzbogacenia Enrichment coefficient A ₁ /C	1,02	1,40	1,74	1,37	1,10	0,95	1,69	3,71
Tomaszowsko- Hrubieszowskie /5 profili/ /5 profiles/	A ₁	1,49	40	387	12,6	7,1	15,8	13,8	0,17
	A ₁ , A ₁ (B), (B)C	1,70	37	358	13,6	7,6	19,0	11,1	0,12
	C	1,48	33	315	8,1	6,5	15,5	9,6	0,09
	Współczynnik wzbogacenia Enrichment coefficient A ₁ /C	1,01	1,21	1,23	1,55	1,09	1,02	1,43	1,88

T a b e l a 3

 Współczynniki korelacji i zmienności dla poziomów próchnicznych
 Correlation and variability coefficients for humus horizons

	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd	Fe	C	<0,02 mm	<0,002 mm
Zn											
Mn	0,177										
Cu	0,227	- 0,287									
Co	0,504 ^x	0,091	- 0,265								
Ni	0,572 ^{xx}	- 0,271	0,100	0,811 ^{xx}							
Pb	0,721 ^{xx}	0,390	- 0,023	0,583 ^{xx}	0,395						
Cd	0,786 ^{xx}	0,157	0,422 ^x	0,237	0,318	0,816 ^{xx}					
Fe	0,383	- 0,007	- 0,013	0,781 ^{xx}	0,793 ^{xx}	0,271	0,049				
C	- 0,208	- 0,340	0,668 ^{xx}	- 0,418	- 0,178	- 0,257	0,078	- 0,318			
< 0,02 mm	0,530 ^x	- 0,066	0,146	0,018	0,151	0,029	0,250	- 0,091	- 0,215		
< 0,002 mm	0,300	- 0,534 ^x	0,496 ^x	0,226	0,549 ^{xx}	- 0,058	0,089	0,565 ^{xx}	0,055	0,101	
\bar{x}	45,4	40,3	14,7	7,23	17,21	15,42	0,25	1,58	1,54	62,2	14,5
SD	12,39	72,56	6,23	1,28	3,36	5,06	0,157	0,201	0,392	8,41	4,13
Współczynnik zmienności Variability coefficient $\frac{SD}{\bar{x}} \cdot 100$	27,3	18,0	42,4	17,7	19,5	32,8	62,8	12,7	25,4	13,1	28,4
^x Zależność istotna - significant relationship ^{xx} Zależność wysoce istotna - highly significant relationship											

Tabela 4

Współczynniki korelacji i zmienności dla poziomów przejściowych
Correlation and variability coefficients for transitional horizons

	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd	Fe	C	<0,02 mm	<0,002 mm	
Zn												
Mn	0,607 ^x											
Cu	0,366	0,353										
Co	0,862 ^{xx}	0,821 ^{xx}	0,523									
Ni	0,889 ^{xx}	0,708 ^{xx}	0,680 ^{xx}	0,874 ^{xx}								
Pb	0,664 ^{xx}	0,523 ^x	0,359	0,641 ^x	0,649 ^x							
Cd	- 0,014	-0,170	0,021	0,004	- 0,112	- 0,554						
Fe	0,931 ^{xx}	0,762 ^{xx}	0,316	0,845 ^{xx}	0,897 ^{xx}	0,704 ^{xx}	- 0,207					
C	0,105	0,340	- 0,135	0,290	- 0,001	- 0,253	0,629 ^x	0,068				
< 0,02 mm	0,541 ^x	-0,100	0,348	0,338	0,481	0,131	0,371	0,339	0,112			
< 0,002 mm	0,633 ^x	0,668 ^{xx}	0,249	0,581 ^x	0,744 ^{xx}	0,460	- 0,323	0,779 ^{xx}	0,046	0,224		
\bar{x}	38,5	344	17,8	7,75	19,22	12,16	0,09	1,71	0,54	43,0	15,2	
SD	5,96	43,63	2,81	1,13	3,48	1,93	0,027	0,241	0,263	6,24	3,88	
Współczynnik zmienności Variability coefficient	$\frac{SD}{\bar{x}} \cdot 100$	15,5	12,7	15,8	14,6	18,1	15,9	30,0	14,1	48,7	14,5	25,4
^x Zależność istotna - significant relationship ^{xx} Zależność wysoce istotna - highly significant relationship												

Współczynniki korelacji i zmienności dla skał macierzystych
Correlation and variability coefficients for parental materials

	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd	Fe	< 0,02 mm	< 0,002 mm
Zn										
Mn	0,249									
Cu	0,443	0,363								
Co	0,552 ^x	0,437	0,752 ^{xx}							
Ni	0,507	0,250	0,738 ^{xx}	0,900 ^{xx}						
Pb	0,359	- 0,103	0,512	0,764 ^{xx}	0,710 ^{xx}					
Cd	0,430	0,042	0,219	0,451	0,414	0,336				
Fe	0,450	0,583 ^x	0,805 ^{xx}	0,853 ^{xx}	0,692 ^{xx}	0,511	0,199			
< 0,02 mm	0,515 ^x	0,091	0,508	0,490	0,438	0,263	0,702 ^{xx}	0,365		
< 0,002 mm	0,129	- 0,479	0,352	0,268	0,367	0,457	0,349	0,027	0,020	
\bar{x}	33,4	314,6	8,66	6,79	16,61	10,52	0,08	1,52	39,6	11,5
SD	3,87	40,55	1,09	0,84	2,48	1,48	0,028	0,141	4,96	3,88
$\frac{SD}{\bar{x}} \cdot 100$	11,6	12,9	12,6	12,4	14,9	14,1	35,0	9,3	12,5	33,6
	Współczynnik zmienności Variability coefficient									
^x Zależność istotna - significant relationship ^{xx} Zależność wysoce istotna - highly significant relationship										

ku wykazała istotną korelację z zawartościami kobaltu, niklu, ołowiu i kadmu, w poziomie przejściowym z zawartościami manganu, niklu, kobaltu, żelaza i ołowiu, a w skale macierzystej tylko z zawartością żelaza.

M i e d ź. W czarnoziemach pierwiastek ten był odmiennie rozmieszczony w porównaniu w pozostałymi metalami ciężkimi. Miedź ulega nagromadzeniu w poziomie próchnicznym, wykazując przy tym wysoce istotną zależność od zawartości węgla organicznego (tab. 3). Gdy w skale macierzystej zawartość tego pierwiastka mieściła się w bardzo wąskich granicach (współczynnik zmienności wynosił 12,6), to w poziomie próchnicznym ulegała znacznym wahaniom (współczynnik zmienności wynosił 42,6). Z małymi wyjątkami w poziomie próchnicznym i w poziomie przejściowym zawartość miedzi nie wykazywała istotnych zależności od zawartości pozostałych metali ciężkich. Dopiero w skale macierzystej stwierdzono taką zależność od zawartości żelaza, niklu i kobaltu (tab. 3—5).

O ł ó w. W badanych czarnoziemach zawartość ołowiu malała w głąb profilu. Średni współczynnik wzbogacenia w ołów poziomu próchnicznego w stosunku do skały macierzystej wynosił 1,47 i był największy dla czarnoziemów proszowickich (1,86), a najmniejszy dla tomaszowsko-hrubieszowskich. W czarnoziemach proszowickich znajdowano również najwyższe zawartości ołowiu w poziomie próchnicznym i w skale macierzystej (tab. 2). Zawartość tego pierwiastka we wszystkich poziomach nie zależała od zawartości węgla organicznego i od składu mechanicznego gleby. W poziomie próchnicznym zawartość ołowiu była wysoce istotnie związana z zawartościami kadmu, cynku i kobaltu, w poziomach przejściowych z zawartościami cynku, manganu, kobaltu, niklu i żelaza, a w skale macierzystej — tylko z zawartością kobaltu i niklu.

K a d m. Pierwiastek ten uległ silnemu nagromadzeniu w poziomie próchnicznym, osiągając bardzo wysokie współczynniki wzbogacenia w stosunku do skały macierzystej. Współczynnik ten był najwyższy w przypadku czarnoziemów proszowickich, gdzie wynosił 4,25 (tab. 2). Stosowana metoda analityczna pozwoliła na poprawne oznaczenia kadmu przy jego zawartości większej od 0,10 ppm, przy mniejszych zawartościach wyniki były bardzo silnie obciążone błędami pochodzącymi z wysokiej wartości ślepej próby i szumów pomiarowych. Te niedokładności mogły być powodem braku zależności między zawartością kadmu a zawartością pozostałych pierwiastków w skale macierzystej i w poziomie przejściowym. W poziomie próchnicznym natomiast stwierdzono wysoce istotną zależność między zawartością kadmu a zawartością cynku i ołowiu oraz istotną zależność z zawartością miedzi (tab. 3).

DYSKUSJA

Rozmieszczenie metali ciężkich w profilach glebowych uwarunkowane jest przebiegiem procesu glebotwórczego. Według Dobrzańskiego [2], Glińskiego [4], Kabaty-Pendias [5], Piotrowskiej [9], Staszewskiego [10] o zawartości pierwiastków śladowych w glebie decyduje przede wszystkim skała macierzysta, która jest ich pierwotnym źródłem. Nie zawsze jednak zawartość metali ciężkich w skale macierzystej wpływa w sposób wyraźny na ich zawartość w poziomach glebowych [11].

W przeprowadzonych badaniach trudno było uchwycić wpływ zróżnicowania skały macierzystej na zawartość metali ciężkich w poszczególnych poziomach genetycznych, a zwłaszcza w poziomach akumulacyjnych, ponieważ wszystkie badane czarnoziemy leśno-stepowe zostały wytworzone z lessów i to z lessów o bardzo jednorodnym składzie mechanicznym. Nie ulega jednak wątpliwości, że właśnie ta jednorodność skał macierzystych pod względem składu mechanicznego, jak również pod względem zawartości metali ciężkich wpływa na to, że ich zawartość w poziomach próchnicznych waha się w bardzo małych granicach. Świadczą o tym obliczone bardzo niskie współczynniki zmienności (tab. 3, 4, 5).

Z punktu widzenia ich rozmieszczenia w badanych czarnoziemach rozpatrywane metale ciężkie można podzielić na trzy grupy.

Pierwsza to metale, których wartość nie uległa silnemu zróżnicowaniu w profilu glebowym i które nie nagromadziły się w poziomie próchnicznym. Są to żelazo, nikiel i kobalt. Można sądzić, że ich zawartość w glebie zależy głównie od zawartości w skale macierzystej, a zróżnicowanie w profilu wynika tylko z procesu glebotwórczego. Zawartość pierwiastków triady w popiele roślinnym jest przeciętnie około dwadzieścia razy mniejsza niż w glebie i dlatego nie mogło nastąpić ich zagęszczenie w powierzchniowej warstwie gleby przez rozkład resztek roślinnych. Zawartość żelaza w glebie jest stosunkowo wysoka i znikome ilości tego metalu, które mogą być tam wnoszone w postaci zanieczyszczeń, nie mają jakiegokolwiek znaczenia. Nie stwierdzono w warunkach polskich, by następowało zanieczyszczenie gleb niklem i kobaltem na terenach nie przylegających do zakładów przerabiających te metale. Przedstawione wyniki są dodatkowym tego dowodem.

Druga grupa to pierwiastki, które uległy nagromadzeniu w poziomie próchnicznym, a są równocześnie ważnym składnikiem popiołu roślinnego. Są to miedź, cynk i mangan. Można przypuszczać, iż ich zagęszczenie nastąpiło w wyniku biologicznego obiegu składników mineralnych. Przedstawione wyniki są więc zgodne z danymi uzyskanymi wcześniej przez wielu autorów [1, 2, 4—12]. Zawartość tych pierwiastków w popiele roślinnym jest zazwyczaj kilkakrotnie większa niż w glebie i stąd wynika możliwość ich nagromadzenia w poziomie próchnicznym.

Do trzeciej grupy należą pierwiastki, które uległy nagromadzeniu w poziomie próchnicznym, przy czym nie są składnikami niezbędnymi dla rozwoju roślin, a ich zawartość w popiele roślinnym jest bardzo mała. Są to ołów i kadm. Zwiększona ich zawartość w poziomie próchnicznym mogła nastąpić tylko w wyniku opadu pyłów pochodzących z przemysłowej działalności człowieka. Zarówno średnie stężenie ołowiu, jak i kadmu uległo podwojeniu w odniesieniu do skały macierzystej. Zagęszczenie tych pierwiastków jest największe w czarnoziemach proszowickich położonych w pobliżu ośrodków przemysłowych Krakowa i Śląska, a najmniejsze w czarnoziemach tomaszowsko-hrubieszowskich położonych z dala od takich ośrodków. Można wyliczyć, że poziom próchniczny uległ przeciętnie zanieczyszczeniu 15 kg ołowiu i 0,5 kg kadmu na hektar. Wraz z opadem pyłów zawierających ołów i kadm do gleby są też wprowadzane pewne ilości cynku; świadczą o tym wysoce istotne współczynniki korelacji wzajemnych zawartości tych trzech pierwiastków w poziomach próchnicznych. Pierwiastki te mają stosunkowo niskie temperatury wrzenia (Cd — 765°C, Zn — 907°C i Pb — 1175°C), są więc lotne w wyższych temperaturach i ulatniają się w czasie większości procesów ich cieplnej przeróbki. Znaczne ilości ołowiu przedostają się do atmosfery w wyniku spalania mieszanek pędnych, zawierających czteroetyłek ołowiu (środek przeciwstukowy). Znaczne ilości kadmu mogą być wnoszone do gleby wraz z nawozami fosforowymi.

Niektórzy autorzy, jak Dobrzański [2], Gliński [4], Piotrowska [8], Staszewski [12] stwierdzają, że zawartość pierwiastków śladowych w glebach i ich rozmieszczenie w profilach uzależnione jest od przebiegu procesów glebotwórczych. Mimo że badaniami objęto tylko jeden typ gleb, niemniej jednak na podstawie otrzymanych wyników można obserwować bardzo wyraźny wpływ przebiegu procesów glebotwórczych na profilowe rozmieszczenie żelaza, niklu i kobaltu. We wszystkich zbadanych czarnoziemach stwierdzono zwiększenie stężenia tych metali w poziomach przejściowych, które wykazują wyraźne cechy zbrunatnienia, oraz w poziomach przejściowych próchniczno-iluwialnych. Tak więc nakładający się proces degradacji czarnoziemów ulegających częściowemu zbrunatnieniu ługowaniu przyczynił się do częściowego przemieszczenia iłu koloidalnego oraz do zagęszczenia w tych poziomach żelaza, niklu i kobaltu. Można przypuszczać, że nagromadzenie wymienionych metali ciężkich w poziomach przejściowych związane jest z większą zawartością iłu koloidalnego. Stwierdzono bowiem istotną zależność w poziomach przejściowych między tymi zawartościami.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski.

1. Ogólna zawartość metali ciężkich w badanych czarnoziemach leśno-stepowych nie wykazuje dużych wahań ilościowych. Wynika to z bardzo jednorodnego składu mechanicznego skał macierzystych oraz ich zbliżonego składu chemicznego. Natomiast poziomy próchniczne badanych gleb charakteryzuje już znacznie większa zmienność pod względem zawartości metali ciężkich, zwłaszcza kadmu, ołowiu i miedzi.

2. Rozpatrując zawartość metali ciężkich w poziomach próchnicznych, można pierwiastki te podzielić na trzy grupy:

— żelazo, nikiel, kobalt, których zawartość zależy głównie od ich stężenia w skale macierzystej. Pierwiastki te nie ulegają biologicznemu nagromadzeniu w poziomie próchnicznym;

— miedź, cynk i mangan, które nagromadziły się w poziomie próchnicznym w wyniku biologicznego obiegu składników mineralnych;

— ołów i kadm, które uległy nagromadzeniu w wyniku przemysłowej działalności człowieka.

3. Rozmieszczenie profilowe żelaza, kobaltu i niklu uzależnione jest od przebiegu procesów glebotwórczych. Wyraźne nagromadzenie tych pierwiastków stwierdzono w poziomach przejściowych, które wykazują cechy zbrunatnienia, oraz w poziomach przejściowych próchniczno-iluwalnych. Poziomy te odznaczają się również większą zawartością łą koloidalnego.

4. Zawartość żelaza, kobaltu i niklu uzależniona jest od zawartości łą koloidalnego. Świadczą o tym wysokie współczynniki korelacji, zwłaszcza w poziomach przejściowych.

LITERATURA

- [1] Czekalski A., Kociałkowski Z.: Zawartość niektórych mikroelementów w glebach Wielkopolski. Roczn. glebozn. dod. do t. 15, 1965.
- [2] Dobrzański B., Gliński J., Uziak S.: Występowanie niektórych pierwiastków w glebach woj. rzeszowskiego w zależności od rodzaju skały macierzystej i typologii gleb. Ann. UMCS Sec. E, 24, 1970.
- [3] Dobrzański B., Gliński J.: Aktualny stan i dalsze kierunki badań nad zawartością mikroelementów w glebach Polski. Roczn. glebozn. 23, 1972, 2.
- [4] Gliński J.: Wpływ niektórych czynników glebotwórczych na zawartość i rozmieszczenie mikroskładników w profilach glebowych. Cz. I Występowanie Cu i Mn w glebach w zależności od rzeźby terenu. Cz. II Rozmieszczenie mikroskładników w glebie w zależności od jej użytkowania. Ann. UMCS Sec. E, 22, 1968.
- [5] Kabata-Pendias A.: Pierwiastki śladowe w glebie, wodzie i powietrzu. Materiały Konserwatorium w Poznaniu, 1966.
- [6] Komisja V Genezy, Klasyfikacji i Kartografii Gleb PTG: Systematyka Gleb Polski. Roczn. glebozn. 25, 1974, 1.
- [7] Musierowicz A.: Niektóre mikroelementy w glebach (Mo, Cu, Zn, B, Mn, Ti). Roczn. glebozn. dot. t. 9, 1960.
- [8] Piotrowska M.: Pierwiastki śladowe w niektórych glebach lessowych regionu opatowsko-sandomierskiego. Roczn. glebozn. dod. do t. 15, 1965.

- [9] Piotrowska M.: Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w niektórych profilach lessowych Wyżyny Sandomiersko-Opatowskiej. Pam. puł. 30, 1967.
- [10] Roszyk E.: Zawartość wanadu, chromu, manganu, kobaltu, niklu i miedzi w niektórych glebach Dolnego Śląska wytworzonych z glin pylastych i utworów pyłowych. Roczn. glebozn. 19, 1968, 2.
- [11] Sapiek A., Skłodowski P.: Zawartość Mn, Zn, Cu, Pb, Ni i Co w rzędzinach Polski. Roczn. glebozn. (w druku).
- [12] Staszewski T., Kociałkowski Z.: Badania nad zawartością Mn, Zn, Cu i B w czarnych ziemiach zastoiska szamotulskiego. Roczn. glebozn. 25, 1974, 2.

П. Склодовски, А. Сапек

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb и Cd В ПРОФИЛЕ
ЛЕСОСТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

Лаборатория почвоведения института хозяйственной геодезии,
Варшавская политехника

Резюме

Исследовано 13 профилей, в том прошовских черноземов — 4 опатовско-сандомерских — 4, хрубешовско-томашовских — 5. Исследованные черноземы представляли собой исключительно подтип лесостепных деградированных черноземов образованных из илистых лессов.

Общее содержание тяжелых металлов в испытанных почвах не выявляло больших количественных колебаний. Составляет это последствие сходного механического состава и близкого содержания тяжелых металлов в материнских породах. Перегнойные горизонты характеризуются заметно большей изменчивостью в отношении содержания тяжелых металлов, особенно кадмия, свинца и меди, чем материнские породы.

Имея в виду концентрацию тяжелых металлов в перегнойных горизонтах их разделили на три группы:

1. Железо, никель, кобальт, содержание которых зависит в главном от их концентрации в материнской породе. Эти элементы не подвергаются биологическому накоплению в перегнойном горизонте.

2. Медь, цинк и марганец, которые накопились в перегнойном горизонте в следствии биологического вращения минеральных элементов.

3. Свинец и кадмий, накопление которых обязано промышленной деятельности человека.

Отчетливое повышение содержания железа, кобальта и никеля обнаружено в переходных горизонтах явно показывающих признаки побурения и в переходных гумусово-иллювиальных горизонтах. Эти горизонты отличаются кроме того высшим содержанием коллоидного ила.

P. SKŁODOWSKI, A. SAPEK

THE Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb AND Cd DISTRIBUTION IN THE PROFILES OF
FOREST-STEPPE CHERNOZEMS

Soil Science Laboratory, Institute of Applied Surveys
Technica University of Warsaw

S u m m a r y

The respective investigations comprised in total 13 profiles, in particular 4 profiles of the Proszowice chernozems, 4 profiles of the Opatów-Sandomierz chernozem and 5 profiles of the Hrubieszów-Tomaszów chernozems. Among the chernozems investigated there occurs only one subtype of degraded foreststeppe chernozems, developed from clayey loesses.

The total content of heavy metals in the soils investigated did not show any greater quantitative fluctuations. It is in connection with a very similar mechanical composition and an approximate content of heavy metals in parental materials. The humus horizons characterize themselves with much greater variability as regards the content of heavy metals, particularly of cadmium, lead and copper, than the parental material.

With regard to the concentration of heavy metals in the humus horizons, they have been divided into three groups, viz.:

1. Iron, nickel, cobalt, the content of which depends principally on their concentration in the parental material. These elements do not undergo biological accumulation in the humus horizon.

2. Copper, zinc and manganese, which accumulated in the humus horizon in consequence of the biological circulation of mineral elements.

3. Lead and cadmium, which accumulated in consequence of an industrial activity of man.

A distinct accumulation of iron, cobalt and nickel has been found in transitory horizons with distinct trends to browning as well as in transitory humus-illuvial horizons. These horizons characterize themselves, too, with a higher colloidal clay content.

Doc. dr hab. Piotr Skłodowski
Laboratorium Gleboznawstwa
Instytutu Geodezji Gospodarczej PW
Warszawa, plac Jedności Robotniczej 1