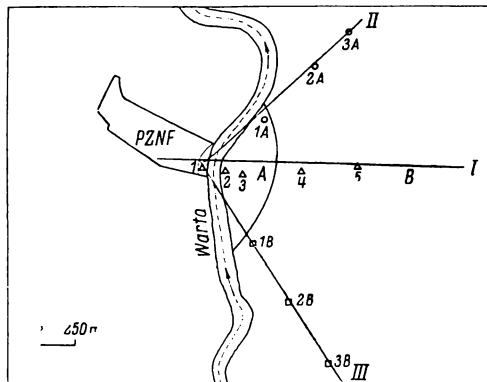


PIOTR MASZNER

WPŁYW EMISJI PYŁÓW I GAZÓW NA GLEBY OKOLIC LUBONIA

Udział przemysłu w globalnej ilości zanieczyszczeń środowiska szacuje się w Polsce na około 80%. Do najuciążliwszych składników pyłów i gazów emitowanych przez przemysł należą związki fluoru i siarki. Ich oddziaływanie na środowisko jest zależne przede wszystkim od właściwości gleby, a także od szaty roślinnej i warunków atmosferycznych. Duże ilości fluoru i siarki wydzielają do atmosfery fabryki nawozów fosforowych. Gleby okolic Lubonia, gdzie zgrupowane są różne zakłady przemysłowe z fabryką nawozów fosforowych włącznie, stanowią dobry obiekt dla badań wpływów tego zanieczyszczenia.

Obiekt badań stanowiły gleby uprawne położone na wschód od Poznańskich Zakładów Nawozów Fosforowych (PZNF). Na takie usytuowanie badań wpłynął kierunek wiatrów (przeważnie zachodni), jak i gęste zabudowane w tej stronie tereny. Łącznie zbadano 19 profilów glebowych rozmieszczonych w trzech ciągach (rys. 1). W pierwszym roku badań (1972) próbki glebowe pobierano z głębokości 0–10, 10–20, 40–60, 80–100 cm. W latach następnych (1973 i 1974) badania ograniczono do ciągu I, a próbki pobierano z głębokości 0–10, 10–20 i 40–60 cm. Wię-



Rozmieszczenie profilów glebowych w pobliżu centrum emisji
 Distribution of soil profiles near the emission centre

kszość oznaczeń laboratoryjnych wykonano metodami powszechnie stosowanymi w badaniach gleboznawczych, natomiast siarkę ogółem oznaczono metodą Chandhy i Cornfielda, siarczany metodą Butersa i Chenery, fluor ogółem metodą Brewera, związki fluoru rozpuszczalne w wodzie metodą Halla, skład mineralny metodą mikroskopową.¹

W PZNF w Luboniu produkowany jest superfosfat pojedynczy pylisty i granulowany. Jako surowce stosuje się fosforyty Maroko II, Floryda 73 i 75 oraz Casablanca. Według informacji uzyskanych z zarządu fabryki, skład chemiczny fosforytów przedstawia się następująco: 32,5–35,0% P_2O_5 , 50,5–53,8% CaO , 3,5–3,7% F , 0,92–1,66% SO_4 . Poza superfosfatem w PZNF produkowany jest także kwas siarkowy nitrozowy i kontaktowy. Głównymi związkami gazowymi emitowanymi do atmosfery są tlenki siarki (SO_2 i SO_3), tlenki azotu oraz związki fluoru. W postaci pyłów zakłady emitują przede wszystkim wapń i fosfor, a także związki siarki i fluoru.

Z pomiarów dokonanych przez poznański Sanepid wynika, że zawartość gazowych związków siarki i fluoru w pobliżu fabryki dość często przekraczała obowiązujące normy ($SO_2=0,35$ mg/m^3 i $HF=0,3$ mg/m^3) i kształtowała się w granicach: SO_2 od 0,008 do 0,600 mg/m^3 , a HF od 0,010 do 0,150 mg/m^3 . W latach 1971–1974 miesięczne opady pyłów mierzone przez Sanepid wynosiły od 4,3 do 78,9 ton/km^2 (norma 250 ton/km^2 na rok). Największą imisję pyłów notowano najczęściej w sierpniu, wrześniu i październiku.

CHARAKTERYSTYKA GLEB

Badaniami objęto gleby aluwialne położone w dolinie przełomowej Warty, bezpośrednio przylegające do PZNF, oraz gleby wysoczyzny morenowej (Równina Średzka) wytworzone z glin i osadów fluwioglacjalnych [7], o składzie mechanicznym piasków luźnych, słabo gliniastych i gliniastych oraz glin lekkich (tab. 1). Są to gleby następujących typów: mady rzeczne, gleby inicjalne, gleby płowe i brunatne oraz czarne ziemie.

Różna geneza skał i wytworzonych z nich gleb, a przede wszystkim niejednorodność składu mechanicznego znajdują odbicie w zróżnicowaniu ich odczynu. Są to gleby od bardzo kwaśnych (pH_{KCl} 4,0) aż do zasadowych (pH_{KCl} 8,1). W układzie profilowym ogólnie zaznacza się tendencja do wzrostu pH w miarę zwiększania głębokości. Występujący niekiedy w poziomach próchnicznych odczyn zasadowy jest związany z węglanowym charakterem skał macierzystych — profile 7 i 9.

Ilość węgla organicznego w poziomach A_1 (0–20 cm) jest także zróżni-

¹ Skład mineralny zbadała doc. dr hab. A. Maliszewska w Instytucie Geologicznym w Warszawie.

cowana i waha się od 0,35 do 2,33⁰/. Zawartość azotu ogółem kształtuje się w dość szerokich granicach: od 0,017 do 0,24⁰/. Znaczne wahania wykazuje stosunek C:N: od 5,2 do 25,3, a najczęściej przyjmuje wartości w granicach od 8,0 do 12,5 (tab. 1).

Tabela 1

Niektóre właściwości fizyczne i chemiczne badanych gleb /rok 1972/
Some physical and chemical properties of soils /1972/

Nr pro- filu Pro- file No.	Głębokość Depth cm	Zawartość frakcji mecha- nicznych w % Content of mechanical fraction in %				C %	N %	C:N	pH KCl	CaCO ₃ %	Przyswajalne formy Available forms		
		1,0- 01 mm	0,1- 0,02 mm	<0,02 mm	<0,002 mm						P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
1	0-10	81,0	14,0	5,0	2,0	0,43	0,017	25,3	5,0	0,0	38,7	3,5	2,4
	10-20	83,0	14,0	3,0	2,0	0,12	0,006	20,0	5,2	0,0	38,0	1,6	0,1
	40-60	84,0	13,0	3,0	2,0	-	-	-	4,8	0,0	17,8	2,3	0,6
	80-100	85,0	12,0	3,0	1,0	-	-	-	4,6	0,0	18,5	2,6	0,2
2	0-10	62,0	13,0	25,0	5,0	1,83	0,123	14,9	6,9	0,0	39,4	3,9	3,8
	10-20	68,0	25,0	7,0	3,0	0,74	0,078	9,5	6,8	0,0	38,7	2,7	3,0
	40-60	62,0	26,5	11,5	6,0	-	-	-	7,5	0,0	13,2	3,5	3,0
	80-100	56,0	31,0	13,0	7,0	-	-	-	7,3	0,0	12,2	2,8	2,8
3	0-10	55,0	32,0	13,0	6,0	1,03	0,101	10,7	6,9	0,0	39,4	9,3	2,5
	10-20	57,0	32,0	11,0	5,0	1,07	0,106	10,1	6,9	0,0	39,4	14,0	3,0
	40-60	57,0	37,0	6,0	2,0	0,17	0,022	8,5	7,5	0,0	8,8	1,6	1,5
	80-100	42,0	28,0	30,0	9,0	-	-	-	6,9	0,0	2,2	10,8	7,5
4	0-10	70,0	18,5	11,5	7,0	1,22	0,129	9,5	5,7	0,0	20,9	2,3	3,6
	10-20	70,0	18,5	11,5	6,0	0,95	0,112	8,5	6,3	0,0	20,7	3,4	3,2
	40-60	74,0	14,0	12,0	7,0	0,33	0,039	8,5	6,8	0,0	3,3	2,7	3,2
	80-100	95,0	3,0	2,0	1,0	-	-	-	7,1	0,0	3,4	2,3	0,6
5	0-10	80,0	16,5	3,5	2,0	0,48	0,039	12,3	4,0	0,0	15,8	2,1	0,4
	10-20	75,0	19,0	6,0	2,0	0,53	0,037	11,3	4,4	0,0	6,9	2,6	0,8
	40-60	56,0	41,5	2,5	1,0	-	-	-	4,4	0,0	1,7	1,9	0,6
	80-100	51,0	46,0	3,0	2,0	-	-	-	5,2	0,0	3,4	2,3	0,4
6	0-10	82,0	13,0	5,0	3,0	0,73	0,062	11,9	4,1	0,0	14,5	3,2	0,2
	10-20	75,0	19,0	6,0	3,0	0,59	0,039	15,1	4,3	0,0	6,2	2,7	0,8
	40-60	73,0	21,0	6,0	2,0	-	-	-	4,6	0,0	3,1	2,4	0,4
	80-100	91,0	5,0	4,0	2,0	-	-	-	4,5	0,0	2,6	3,9	0,6
7	0-10	70,0	14,0	16,0	6,5	2,33	0,246	9,5	7,2	0,5	35,0	6,0	2,5
	10-20	71,0	14,5	14,5	6,5	1,70	0,134	12,7	7,4	0,7	29,0	6,9	2,1
	40-60	77,0	13,5	9,5	4,5	0,73	0,084	8,7	7,9	1,5	19,8	7,7	1,7
	80-100	83,0	12,0	5,0	2,5	1,80	0,118	15,3	7,9	0,6	11,0	4,5	0,8
8	0-10	61,0	22,0	17,0	8,0	0,56	0,072	7,8	7,2	0,0	10,0	38,6	2,1
	10-20	60,0	22,5	17,5	6,0	0,55	0,067	8,2	7,2	0,0	10,0	38,3	1,9
	40-60	66,0	22,0	12,0	4,5	-	-	-	4,4	0,0	2,2	2,1	0,3
	80-100	65,5	20,0	14,5	4,0	-	-	-	4,2	0,0	3,0	1,9	1,3
9	0-10	61,0	16,0	23,0	9,0	1,66	0,202	8,2	7,7	3,1	2,6	7,4	6,0
	10-20	58,5	18,0	23,5	9,0	1,63	0,196	8,3	7,7	3,2	3,2	7,6	5,1
	40-60	80,5	13,0	6,5	5,0	-	-	-	7,0	0,0	1,1	1,4	3,4
	80-100	90,5	3,0	6,5	4,0	-	-	-	8,1	2,3	6,4	1,9	0,8

WYNIKI BADAŃ

Fosfor. Emisja z PZNF wywarła przede wszystkim wpływ na zawartość związków fosforu. Oznaczenia fosforu ogółem oraz jego związków przyswajalnych (lata 1972, 1973 i 1974) wykazały wysoką zawartość obydwu tych form w glebach leżących w odległości do 900 m od źródła emisji (tab. 2, 3 i 7). Na tej podstawie wyodrębniono strefę A, gdzie występuje silniejsze oddziaływanie emisji z PZNF na właściwości chemiczne gleb, oraz strefę B, gdzie wpływ ten jest mniej widoczny. Granicy zasięgu oddziaływania emisji na gleby nie udało się jednak ustalić.

T a b e l a 2

Średnia zawartość przyswajalnego P w profilach glebowych strefy A i B
Mean content of available P in soil profiles of the A and B zone

Strefa Zone Profile Profiles	Głębokość Depth cm	w mg P_2O_5 /100 g gleby in mg P_2O_5 /100 g of soils		
		1972	1973	1974
A	0 - 10	39,2	40,0	40,0
1, 2, 3	10 - 20	38,7	37,7	36,5
	40 - 60	13,3	14,5	16,4
B	0 - 10	16,5	20,1	22,6
4, 5, 6, 7,	10 - 20	12,7	12,5	16,5
8 i 9	40 - 60	5,2	6,9	5,7

Zawartość przyswajalnych związków fosforu w okresie 3-letnich badań nie wykazywała większych wahań (tab. 2). Największe ilości tego składnika stwierdzono w warstwach powierzchniowych: 0-10 cm i 10-20 cm gleb strefy A. W warstwach głębszych zawartość przyswajalnego fosforu jest wyraźnie mniejsza mimo pewnego wzbogacenia ich wskutek migracji z warstw powierzchniowych. W glebach leżących na północny wschód równie duże nagromadzenie przyswajalnych związków fosforu stwierdzono tylko w jednym punkcie. Natomiast wszystkie badane punkty leżące na południowy wschód od źródła emisji zawierały wyraźnie mniejsze ilości tego składnika (tab. 8).

Oznaczenia zawartości fosforu ogółem przeprowadzono tylko w 1972 r. w glebach ciągu I (tab. 3). Wykazywały one, podobnie jak w przypadku form przyswajalnych, nagromadzenie fosforu ogółem w warstwach powierzchniowych gleb. W warstwach głębszych następuje wyraźny spadek zawartości tego składnika. Jednakże i tak stwierdzona tam ogólna ilość fosforu jest jeszcze o około 1,5 raza większa niż w glebach leżących poza strefą A.

W a p n. Emisja pyłów z PZNF wywarła też wpływ na zawartość wapnia ogółem. W glebach leżących w strefie A (mady lekkie), ilość

Tabela 3

Średnia zawartość P i Ca ogółem w profilach glebowych strefy A i B

Mean content of total P and Ca in soil profiles of the A and B zone

Strefa - Zone Profile - Profiles	Głębokość Depth cm	P ₂ O ₅ - %	CaO - %
A 1, 2, 3	0 - 10	0,113	2,47
	10 - 20	0,051	2,50
	40 - 60	0,043	1,96
B 4, 5, 6, 7, 8 i 9	0 - 10	0,034	1,16
	10 - 20	0,032	1,18
	40 - 60	0,026	0,96

tego składnika w warstwie 0-10 cm wyraźnie przekracza 2% CaO (tab. 3 i 7). Pozostałe gleby ciągu I są na ogół uboższe w ten składnik, a w przypadku większej zawartości związane jest to z występowaniem węglanów (profil 7 i 9).

Siarka. Trzyletnie badania zawartości siarki siarczanowej wykazały największy wpływ emisji w glebach strefy A (profile 1, 2, 3). W glebach tych najwięcej siarczanów spotykano w warstwach powierzchniowych (do 20 cm), natomiast w glebach położonych w większej odległości bardziej zasobne w ten składnik były poziomy leżące głębiej. Największe ilości siarki siarczanowej w 1972 r., podobnie jak fosforu, wykazywały gleby położone na wschód, a najmniejsze na obszarze południowo wschodnim (tab. 7 i 8). Ilość siarki siarczanowej w poszczególnych latach badań wiązać należy z większą zdolnością do migracji siarczanów niż fosforanów. Ponadto mogą one wynikać także ze zmiennego natężenia emisji w poszczególnych latach.

Tabela 4

Średnia zawartość siarki siarczanowej w profilach glebowych strefy A i B

Mean content of sulphate sulphur in soil profiles of the A and B zone

Strefa Zone Profile Profiles	Głębokość Depth cm	S-SO ₄ w mg/100 g gleby S-SO ₄ in mg/100 g of soil		
		1972	1973	1974
A 1, 2, 3	0 - 10	3,09	4,32	2,46
	10 - 20	2,00	2,43	1,33
	40 - 60	1,41	2,31	2,26
B 4, 5, 6, 7, 8 i 9	0 - 10	2,37	1,48	1,75
	10 - 20	2,48	2,11	2,00
	40 - 60	1,80	3,39	2,01

Nie zauważono wpływu emisji na zawartość siarki ogółem. Wynika to z migracji do poziomów głębszych dostających się do gleby siarczanów, a ponadto w wierzchnich warstwach gleb zdecydowanie dominują formy organiczne siarki. Dlatego niektóre gleby bardziej zasobne w substancję organiczną (profile 4, 7 i 9), mimo że położone w dalszej odległości od źródła emisji, wykazują większą zawartość siarki ogółem niż gleby znajdujące się bliżej (tab. 7).

Tabela 5

Średnia zawartość rozpuszczalnych w wodzie form fluoru w profilach glebowych strefy A i B

Mean content of water - soluble forms of fluorine in soil profiles of the A and B zone

Strefa Zone Profile Profiles	Głębokość Depth cm	F w ppm - I in ppm		
		1972	1973	1974
A	0 - 10	18,32	49,77	17,32
1, 2, 3	10 - 20	14,03	12,35	11,28
	40 - 60	8,48	6,57	4,62
B	0 - 10	5,06	5,14	4,78
	10 - 20	5,21	1,79	4,88
	40 - 60	2,71	2,0	2,16

Fluor. Największą zawartością związków fluoru rozpuszczalnych w wodzie odznaczają się gleby strefy A położone na wschód. Ilość tego składnika w glebach strefy A była zawsze kilkakrotnie wyższa niż w glebach położonych w odległościach dalszych. Kumulacja nastąpiła przede wszystkim w warstwach powierzchniowych (do 20 cm, tab. 5, 7, 8), chociaż w glebach strefy A pewien wzrost zawartości można zaobserwować także w warstwach głębszych. W poszczególnych latach badań stwierdzono dość duże i nieregularne zmiany w zawartości związków fluoru, szczególnie wyraźne w górnych partiach (0-10 cm) poziomów próchnicz-

Tabela 6

Średnia zawartość fluoru ogółem w profilach glebowych strefy A i B

Mean content of total fluorine in soil profiles of the A and B zone

Strefa Zone Profile Profiles	Głębokość Depth cm	F - ppm		
		1972	1973	1974
A	0 - 10	345,17	322,52	305,54
1, 2, 3	10 - 20	108,23	112,26	100,40
	40 - 60	94,20	85,80	87,43
B	0 - 10	90,68	94,33	93,98
	10 - 20	109,73	113,59	115,32
	40 - 60	113,73	114,67	116,90

Zawartość S, P, Ca i F w niektórych profilach glebowych w 1972 roku
The S, P, Ca and P content in some soil profiles in 1972

Tabela 7

Nr profilu Profile No	Głębokość Depth cm	S		P ₂ O ₅		CaO ogółem total	P		% S-SO ₄ w S ogółem in total S	% P/P ₂ O ₅ w P ogółem in total P
		S-SO ₄	ogółem total	wg Egnera after Egner	ogółem total		F/P ₂ O ₅	ogółem total		
		w mg/100 g gleby - in mg/100 g of soil				%		ppm		
1	0 - 10	3,14	12,78	38,7	0,144	2,30	20,42	490,07	24,4	4,2
	10 - 20	1,33	8,13	38,0	0,048	2,66	14,41	79,52	16,3	18,1
	40 - 60	1,09	3,38	17,8	0,043	1,47	5,89	85,67	32,2	7,0
	80 - 100	1,33	3,37	18,5	0,038	1,75	6,54	125,10	39,4	5,2
2	0 - 10	3,33	36,25	39,4	0,129	2,31	20,87	385,44	9,2	5,4
	10 - 20	2,21	23,13	38,7	0,049	2,45	13,73	85,16	9,6	15,1
	40 - 60	1,08	13,12	13,2	0,042	2,73	13,00	84,96	8,3	15,2
	80 - 100	1,33	10,00	12,2	0,043	3,01	7,83	75,44	13,3	10,3
5	0 - 10	0,74	13,13	15,8	0,045	0,63	4,19	75,10	5,6	5,6
	10 - 20	1,20	6,09	6,9	0,022	0,70	4,23	45,47	19,6	9,3
	40 - 60	1,48	4,62	1,7	0,022	0,91	2,30	127,51	32,5	1,8
	80 - 100	1,16	3,38	3,4	0,020	0,71	1,95	141,20	34,3	1,4
6	0 - 10	0,63	14,81	14,5	0,030	0,71	2,93	75,00	4,3	3,8
	10 - 20	1,16	14,38	6,2	0,032	0,63	1,49	153,75	8,0	1,0
	40 - 60	1,50	12,44	3,1	0,045	0,63	2,44	154,90	14,8	3,9
	80 - 100	0,78	2,49	2,6	0,020	0,62	2,01	141,22	31,3	1,4

Tabela 8

Wpływ kierunku wiatru na zawartość łatwo rozpuszczalnych form P, S, F
w wierzchniej /0-10 cm/ warstwie gleby
The wind direction influence on the content of soluble P, S, F forms
in top layer /0-10 cm/ of soil

Odległość od centrum emisji Distance from the emission centre	P ₂ O ₅ wg Egnera P ₂ O ₅ acc.Egner			S-SO ₄			F/H ₂ O/		
	mg/100 g gleby - mg/100 g of soil						ppm		
	Kierunek wiatrów - Wind direction								
	E	NE	SE	E	NE	SE	E	NE	SE
550 - 750	39,4	39,4	12,2	2,83	3,38	2,26	13,90	10,20	5,95
900 - 1100	20,9	15,7	8,1	1,25	1,04	1,13	7,60	6,50	2,50
1250 - 1800	15,8	8,4	7,8	0,74	1,72	1,58	4,20	5,00	0,95
2600 - 3050	14,5	16,5	1,6	0,40	2,65	1,64	2,90	1,70	3,00

nych. Podobnie jak w przypadku siarki siarczanowej największe ilości związków fluoru rozpuszczalnych w wodzie w glebach strefy A notowano w 1973 r.

Powierzchniowe rozmieszczenie fluoru ogółem w 1972 r., a także w następnych latach badań było podobne do rozmieszczenia jego form rozpuszczalnych w wodzie (tab. 6 i 7). Największą więc zawartością tego składnika odznaczały się gleby ciągu I w odległości do 900 m od PZNF.

Tabela 9

Zawartość i profilowe rozmieszczenie apatytów
The content of apatites and their distribution in soil profile

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth cm	Minerały ciężkie ^x Heavy minerals ^x	Minerały nie-przezroczyste ^{xx} Opaque minerals ^{xx}	Apatyt - Apatite ^{xxx} %	
				A	B
1	0 - 10	0,74	40	0	7
	10 - 20	0,56	25	1	2
	40 - 60	0,47	20	1	2
	80 - 100	0,64	25	1	1
2	0 - 10	1,14	15	0	12
	10 - 20	1,11	20	0	5
	40 - 60	0,77	20	4	1
	80 - 100	0,92	30	1	1
3	0 - 10	0,64	25	0	8
	10 - 20	0,77	15	2	5
	40 - 60	0,63	15	1	3
	80 - 100	2,17	5	0	4
4	0 - 10	0,82	10	1	2
	10 - 20	0,85	8	1	1
	40 - 60	0,84	6	0	2
	80 - 100	0,44	7	1	1

^x - w stosunku do całej próbki gleby - In comparison to the total soil sample

^{xx} - w stosunku do minerałów ciężkich - In comparison to heavy minerals

^{xxx} - w stosunku do minerałów nieprzezroczystych - In comparison to transparent minerals

Pozostałe gleby tego ciągu, a także gleby ciągów II i III dość często zawierają kilkakrotnie mniejsze ilości tego składnika (tab. 7). Brak wyraźniejszego wpływu emisji w glebach strefy B znajduje potwierdzenie w profilowym rozmieszczeniu fluoru ogółem, które przez analogię do innych gleb można uznać za naturalne. Zawartość tego składnika w największym stopniu uległa zmianom w glebach strefy A w warstwach 0–10 cm, wykazując tendencję spadkową. Jednakże zmiany te były relatywnie mniejsze niż to obserwowano w przypadku łatwo rozpuszczalnych form tego pierwiastka. W glebach leżących poza strefą A kolejne lata badań nie wykazały większych różnic w zawartości fluoru ogółem (tab. 6).

Emitowane do gleby substancje toksyczne mogą ulegać różnym przemianom, prowadzącym niekiedy do znacznego zmniejszenia ich szkodliwego działania. Badania niektórych autorów [5, 10, 12] wskazują, iż przy występowaniu dość dużych ilości fosforu, wapnia i obecności „wolnego fluoru” w glebach mogą tworzyć się apatyty. Ponieważ w glebach leżących w sąsiedztwie PZNF stwierdzono znaczne ilości tych składników, przeprowadzono badania składu mineralnego, ze szczególnym uwzględnieniem apatytów. Wyniki badań wskazują na występowanie dwóch odmian apatytów.

Apatyt A występujący w ziarnach zawsze obtoczonych znajduje się we wszystkich badanych profilach w stosunkowo niewielkiej ilości 0–4⁰/₀, najczęściej 1⁰/₀ (tab. 9). Taki właśnie apatyt i w podobny sposób rozmieszczony występuje zwykle w osadach czwartorzędowych [2]. Druga odmiana, apatyt B, odznacza się dwiema charakterystycznymi cechami. Wykazuje anomalie optyczną — jest najczęściej dwuosiowy, a ponadto ziarna jego są zawsze ostrokrawędziste. Można więc przypuszczać, że apatyt ten jest innego pochodzenia niż apatyt A. Charakterystyczne jest również jego rozmieszczenie w profilu glebowym: najwięcej, bo 7–12⁰/₀, jest go w warstwie 0–10 cm gleb strefy A. Profil 4, leżący już poza obszarem strefy A, zawiera kilkakrotnie mniejsze ilości apatytu B. Nie stwierdzono tutaj zmian zawartości związanych z głębokością pobrania próbek (tab. 9). Tak więc apatyt A można uznać za formę „rodzimą”, a apatyt B za minerał wytworzony z produktów emisji.

DOŚWIADCZENIA WAZONOWE

W pobliżu PZNF w Luboniu zaobserwowano liczne uszkodzenia roślin, szczególnie dobrze widoczne na drzewach i krzewach. Wobec znacznych ilości łatwo rozpuszczalnych form fluoru w glebach strefy A postanowiono zbadać stopień szkodliwości tych stężeń dla roślin. Chodziło również o sprawdzenie, czy podwyższone ilości fluoru w badanych glebach powodują uszkodzenia roślin, czy też jest to wynikiem bezpośredniego oddziaływania znajdującego się w atmosferze fluoru. Celem wyeli-

Zawartość składników chemicznych w roślinach uprawianych na glebach
stref A i B^x
The content of chemical elements in plants cultivated on soils
of the A and B zone^x

Nr profilu Profile No.	Plon suchej masy Dry matter yield g	P ppm	P ₂ O ₅	CaO	K ₂ O
			%		
Owies - Oats Strefa A - Zone A					
2	34,95 ^{xx}	62,38	0,67	0,17	2,35
	33,15-35,95 ^{xxx}	59,73-65,53	0,63-0,70	0,14-0,19	2,26-2,50
3	30,19	67,50	0,56	0,12	1,60
	27,85-32,90	64,30-70,60	0,54-0,60	0,11-0,14	1,42-1,71
Strefa B - Zone B					
4	26,99	62,33	0,56	0,07	2,41
	25,00-28,85	59,15-65,42	0,52-0,60	0,07-0,07	2,26-2,50
9	50,18	62,50	0,45	0,12	2,08
	47,30-53,60	60,48-64,05	0,45-0,46	0,11-0,13	1,90-2,29
Gorczyca biała - White mustard Strefa A - Zone A					
2	9,95	74,50	1,05	0,80	3,04
	9,10-10,55	70,20-77,35	0,88-1,22	0,73-0,86	2,89-3,25
3	17,35	69,25	0,56	1,12	2,10
	16,10-18,45	66,14-74,09	0,49-0,60	0,96-1,21	1,94-2,28
Strefa B - Zone B					
4	13,98	58,38	0,61	0,68	3,02
	13,00-14,55	55,11-62,50	0,55-0,64	0,63-0,74	2,80-3,23
9	20,22	59,67	0,52	1,48	2,32
	18,95-22,40	55,78-63,51	0,48-0,57	1,43-1,53	2,18-2,40
^x - Zawartość składników chemicznych przeliczono na suchą masę The content of chemical elements in conversion to dry matter ^{xx} - Wartości średnie - mean values ^{xxx} - Wartości ekstremalne - extreme values					

minowania bezpośredniego działania fluoru doświadczenia wazonowe przeprowadzono w hali wegetacyjnej. Wzięto do nich gleby z warstw 0-10 cm z miejsc odpowiadających odkrywkom 2, 3, 4 i 9. Doświadczenie wykonano w czterech powtórzeniach, tzn. glebą z każdej odkrywki napełniono 4 wazon. W wazonie umieszczono 7 kg gleby, a roślinami doświadczalnymi były gorczyca i owies.

Wilgotność w wazonach utrzymywano na poziomie 70% pojemności kapilarnej, stosując nawożenie potasem (0,6 g K₂O w formie KCL) i azotem (0,6 g N w formie NaNO₃). Z uwagi na znaczną zawartość w badanych glebach fosforu nie stosowano nawożenia tym składnikiem. Zbiór dokonano w okresie kwitnienia.

Wyraźnie negatywne oddziaływanie fluoru stwierdzono w przypadku

roślin gorczyca na glebie nr 2. W miarę przebiegu wegetacji zaobserwowano pojawienie się nakroz, stopniowe żółknięcie liści, a następnie występowanie czerwono-brunatnych plam. Na pozostałych glebach (profile 3, 4 i 9) gorczyca rozwijała się normalnie. W składzie chemicznym roślin największą zawartość fluoru stwierdzono w gorczycy rosnącej na glebie 2, natomiast na glebach 4 i 9 spoza strefy A gorczyca zawierała od 10 do 16 ppm fluoru mniej (tab. 10). Ponadto gorczyca rosnąca na glebie 2 zawierała prawie dwukrotnie więcej fosforu niż na pozostałych glebach, a plon roślin był zdecydowanie najniższy (tab. 10).

W przypadku owsa w zasadzie nie zaobserwowano negatywnego wpływu fluoru.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Podział gleb przyległych do PZNF na strefę A i B pokrywa się z danymi uzyskanymi przez Pomrowskiego i in. [14], którzy największy opad pyłów z fabryki superfosfatu notowali w odległości do 900 m od centrum emisji.

Emitowane przez PZNF pyły i gazy wyraźnie wpłynęły na zwiększenie ilości fosforu w glebach terenów przyległych. Mimo braku danych co do zawartości związków fosforów w badanych glebach z okresu przed uruchomieniem PZNF, aktualna zawartość fosforu ogółem i przyswajalnego w glebach strefy A wskazuje na to jednoznacznie. W stosunku do podobnych gleb nie narażonych na emisję związków fosforu, jak również gleb strefy B są to ilości większe od kilku do kilkunastu razy. Stosunkowo duża część fosforu występuje tu w formach przyswajalnych dla roślin, co nie pokrywa się z badaniami Löfflera [9], który stwierdził, że zwiększona zawartość związków fluoru obniża przyswajalność fosforanów.

Równoległe do związków fosforu w glebach Lubonia gromadzi się wapń. Obydwa te składniki występują razem we względnie stałych proporcjach zarówno w używanych do produkcji fosforytach, jak i w superfosfacie, a tym samym w emitowanych pyłach. Stąd też zasięg ich emisji jest podobny.

W glebach strefy A wpływ emisji na zawartość siarki zaznacza się tylko w odniesieniu do formy siarczanowej. Zawartość siarczanów w warstwach wierzchnich gleb strefy A przekracza wyraźnie 2 mg S/100 g gleby, natomiast w warstwach głębszych jest znacznie mniejsza. W glebach nie narażonych na emisję rozmieszczenie siarczanów kształtuje się inaczej, wykazując tendencję do wzrostu zawartości w miarę zwiększania głębokości [15, 16]. Stąd wniosek, że wzbogacenie warstw wierzchnich związkami siarki jest spowodowane przez emisję. Jej wpływ na zawartość siarczanów w glebach strefy A nie rysuje się jednak tak wyraźnie, jak w przypadku innych omówionych składników. Powoduje to

głównie niewielka sorpcja siarczanów przez gleby [19], zmniejszana wskutek dużej zawartości jonów fosforanowych [3, 6]. Ponadto z uwagi na mniejszą zawartość w emitowanych pyłach siarczanów niż fosforanów i wapnia związki siarki dostają się do gleby głównie w postaci gazowej, a tym samym są przenoszone na większe odległości niż pyły. Dlatego siarczany są wprowadzane w mniejszych ilościach na jednostkę powierzchni gleby.

Związki fluoru emitowane są przez PZNF w postaci pyłów powstających w trakcie rozładunku i rozdrabniania fosforytów i w formach gazowych powstających w wyniku procesów technologicznych. Rozmieszczenie fluoru ogółem w glebach strefy A wykazuje rozkład charakterystyczny dla terenów emisji. Akumulacja tego składnika ogranicza się zasadniczo do warstw powierzchniowych 0–10 cm, co potwierdzają także wyniki innych autorów [4, 11, 18]. Gleby strefy B, podobnie jak gleby nie będące w zasięgu oddziaływania związków fluoru [13], większe ilości tego składnika zawierają w warstwach głębszych. Ilość związków fluoru w warstwach powierzchniowych gleb strefy A, szczególnie w profilach 1 i 2, należy uznać za dużą. Szalonek i Strzyszc [18] w pobliżu fabryki superfosfatu i huty aluminium w jednym tylko przypadku stwierdzili większe ilości fluoru ogółem (644,6 ppm), w pozostałych notowali wartości niższe lub na podobnym poziomie jak w glebach Lubonia.

Związki fluoru nierozpuszczalne w wodzie występują w glebach badanego terenu w większych ilościach niż formy rozpuszczalne. Zawartość tych ostatnich w glebach strefy A mieści się w podobnych granicach, jakie stwierdził Mucha i in. [11] w glebach będących pod wpływem emisji związków fluoru z huty aluminium w Koninie. Nieco większe ilości łatwo rozpuszczalnych związków fluoru zaobserwowali Szalonek i Strzyszc [18] w pobliżu fabryki superfosfatu, co jednak w pewnej mierze wynika z zastosowania do ekstrakcji kwasu cytrynowego. Zarówno jedno, jak i drugie cytowane badania stwierdzają podobną, jak w niniejszej pracy, kumulację fluoru w warstwach powierzchniowych (A_1), a następnie wyraźny spadek jego zawartości w poziomach głębszych. Jak już wspomniano, w glebach przyległych do PZNF dominują trudno rozpuszczalne formy fluoru. W strefie A udział związków fluoru rozpuszczalnych w wodzie w stosunku do ogólnej zawartości waha się od 4,2 do 18,1%, w strefie B jest jeszcze niższy i wynosi poniżej 10%. Szalonek i Strzyszc [18] podają, że w glebach w pobliżu fabryki superfosfatu związki fluoru rozpuszczalne w kwasie cytrynowym stanowiły około 40% fluoru ogółem, a w glebach przyległych do huty aluminium od 39 do 80%. Mucha i in. [11] udział fluoru rozpuszczalnego w wodzi w glebach znajdujących się w zasięgu oddziaływania huty aluminium określają w granicach od 13,6 do 100% związków fluoru rozpuszczalnych w kwasie nadchlorowym. Jak widać, udział łatwo

rozpuszczalnych związków fluoru w glebach w pobliżu fabryk nawozów fosforowych jest ogólnie niższy niż w glebach przyległych do hut aluminium. W pewnym stopniu powoduje to wiązanie fluoru przez równocześnie emitowane w fabryk nawozów fosforowych związki wapnia i fosforu i powstawanie w glebie trudno rozpuszczalnego apatytu fluorowego [5, 9, 10, 12]. Takie ujęcie sprawy zdaje się potwierdzać obecność apatytu B, który jest przypuszczalnie apatytem fluorowym [2] powstałym in situ. Na możliwość tworzenia się w glebach apatytów wskazują badania Jahn-Deesbah [5]. Jego zdaniem wystarczy, aby 10% fluoru w glebach wapiennych było w formie CaF_2 , aby cały wniesiony do gleby fosfor został zamieniony na apatyt fluorowy. Według tego autora na zamianę 100 części fosforu na apatyt fluorowy wystarczy 6,2 części fluoru. W glebach przyległych do PZNF stosunek P:F wskazuje na możliwość tego typu przemian. Ilość występujących apatytów w glebach strefy A wydaje się być znaczna. Kuźnicki i in. [8], badając skład mineralny gleb piaszczystych Puszczy Kampinoskiej o podobnym składzie mechanicznym jak omawiane gleby, w jednym tylko przypadku znaleźli apatyt i to w znacznie mniejszych ilościach.

Wyniki doświadczeń wazonowych wskazują, że w glebach będących w bezpośrednim sąsiedztwie PZNF wskutek znacznej zawartości łatwo rozpuszczalnych związków fluoru warunki rozwoju niektórych roślin są utrudnione. Podobne wyniki otrzymali Boratyński i Turyna [1] badając wpływ fluoru zawartego w termofosfatach na plon roślin; w doświadczeniach tych autorów plon gorczycy był prawie o połowę mniejszy, a tylko niewiele mniejszy u owsa. Oddziaływanie związków fluoru w układzie naturalnym w pobliżu PZNF jest oczywiście dużo większe niż w doświadczeniach wazonowych prowadzonych w szklarni, bo powiększone przez oddziaływanie bezpośrednie — kontaktowe [17].

W oparciu o uzyskane wyniki można sformułować następujące wnioski:

1. Największa emisja składników pochodzących z PZNF w Luboniu występuje w glebach leżących w kierunku wschodnim w promieniu do 900 m — zwanych strefą A.

2. Zmiany składu chemicznego gleb zależne są od odległości od centrum emisji oraz od kierunku przeważających wiatrów. W przypadku emisji z PZNF spowodowało to nagromadzenie w warstwach powierzchniowych (0–20 cm) gleb strefy A związków wapnia, fosforu i fluoru.

3. Dostające się do gleby składniki ulegają przemianom prowadzącym do ich częściowego unieruchomienia, np. w postaci apatytu fluorowego. Stwarza to pewne możliwości zmniejszenia toksycznego oddziaływania związków fluoru na środowisko.

4. W okresie trzyletnich badań nie stwierdzono dalszego wzrostu zawartości związków siarki i fluoru w glebach. Może to wynikać ze stosunkowo krótkiego okresu badań, ale także może być spowodowane

powstaniem równowagi między imisją składników a ich migracją w glebach.

5. Z uwagi na różną tolerancję roślin na zwiększone ilości fluoru w glebach uprawa roślin w pobliżu źródła emisji musi być ograniczona do określonych gatunków.

LITERATURA

- [1] Boratyński K., Turyna Z.: Wpływ zawartości fluoru w termofosfatych na plon roślin. Roczn. glebozn., dod. do t. 10, 1961.
- [2] Borkowska M., Smulikowski K.: *Minerały skałotwórcze*. Warszawa 1973.
- [3] Chao Tsum Tien, Harward M., Fang S.: Cation effects on sulphate adsorption by soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27, 1963.
- [4] Dziubek T.: Przemieszczanie fluoru w glebach. *Prace Kom. Nauk Roln I Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 34, 1975.
- [5] Jahn-Deesbach W.: Weitere Untersuchungen über der Bindungszustand des Fluors in einigen landwirtschaftlich wichtigen Böden. *Chemie der Erde* 19 B, 1958, 3.
- [6] Kamprath R., Nelson W., Fitts J.: The effect pH of sulphate and phosphate concentrations on the adsorption of sulphate by soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22, 1956.
- [7] Krygowski B.: *Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej. Cz. I. Geomorfologia*. PTPN, Poznań 1961.
- [8] Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P.: Charakterystyka procesów bielcowania w glebach wytworzonych z piasków wydmych Puszczy Kampinoskiej. *Roczn. glebozn.* 25, 1974, 2.
- [9] Löffler A.: Vplyv imisii na pôdy a zasady rekultivacie. *Les a priemyselne imisie*. Bratislava 1974.
- [10] McIntire W.: Fate of air born fluorides and attendant effects upon soil reaction and fertility. *Assoc. Off. Agric. Chemists.* 40, 1957.
- [11] Mucha W., Nowaczyk M., Urbański K.: Kumulacja fluoru w glebie w związku z emisją przemysłową w rejonie Konina. PTPN, Poznań 1973.
- [12] Negelsmith G., Nixon H.: Formation of apatit from superfosphate in the soil. *Nature* 154, 1944.
- [13] Piotrowska M., Wiącek K.: Zawartość fluoru w niektórych typach gleb Polski. *Roczn. Nauk rol.* 101 A, 1975, 2.
- [14] Pompowski T., Obarska H., Wiewiórski E., Janicki H.: Emisja pyłów na terenie zakładów nawozów fosforowych w regionie nadmorskim. *Ochrona powietrza* 1975, 4.
- [15] Reimann B., Maszner P.: Zawartość siarki w glebach uprawnych Niziny Wielkopolskiej wytworzonych z utworów zlodowaczenia bałtyckiego. *Roczn. AR Pozn.* 97, 1977.
- [16] Skłodowski P.: Rozmieszczenie siarki w profilach glebowych niektórych typów gleb Polski. *Roczn. glebozn.* 19, 1968, 1.
- [17] Szalonek I.: Niektóre aspekty oddziaływania przemysłowych zanieczyszczeń powietrza ze szczególnym uwzględnieniem związków fluoru. *Praca doktorska*.
- [18] Szalonek I., Strzyszczyk Z.: Fluor w glebach na obszarach objętych imisją jego związków. *XIX Zjazd Nauk. PTG*, Kraków 1972.
- [19] Whitehead D.: Soil and plant nutrition aspects of the sulphur cycles. *Soil and Fertilizers* 27, 1964.

П. МАШНЕР

ВЛИЯНИЕ ЭМИССИИ ПЫЛИ И ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПОЧВЫ ОКРЕСТНОСТИ г. ЛЮБОНЬ

Институт агрохимии и почвоведения. Сельскохозяйственная академия в Познани

Резюме

Целью настоящей работы было определение влияния промышленной пыли и газов фабрики суперфосфата на некоторые химические свойства почв. В исследованиях особое внимание обращалось на содержание в почве соединений фосфора, серы и фтора, а также на пагубное влияние этих соединений на растения.

В результате исследований обнаружено наибольшую эмиссию элементов выделяемых фабрикой суперфосфата в радиусе до 900 м, в восточном направлении. В этих почвах обнаружено в поверхностных слоях (0-10 и 10-20 см) соединения кальция, фосфата, сернокислых слоев и фтора (нерастворимых и растворимых). Эти соединения подвергаются в почвах изменениям ведущим к образованию фтористого апатита. Трехлетние исследования не доказали увеличения содержания сульфатов, а также соединений фосфора и фтора. Некоторые почвы расположенные в радиусе до 900 метров от центра эмиссии имеют высокую степень загрязнения, что токсически влияет на растения.

P. MASZNER

THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL DUSTS AND GASES ON THE SOILS
OF LUBON REGIONInstitute of Soil Science and Agricultural Chemistry,
Agricultural University of Poznań

The aim of this study was to determine the effect of dusts and gases emitted by a superphosphate plant on chemical properties of soils. In the investigations, special attention was paid to the content of phosphorus, sulphur and fluorine compounds in soils as well as to the harmful effect of these compounds on plants.

The investigations showed that the heaviest emission occurred within the radius up to 900 meters to the east. In the surface layers of these soils (0-10 and 10-20cm) accumulation of calcium, phosphorus, sulphate and fluorine compounds (total and soluble) was observed. Changes occurring in these compounds led to formation of fluoric apatite. Three-year investigations showed no increase in the content of sulphur and fluorine compounds in the soils examined.

Some of the soils situated within the 900 meter area showed a high degree of fluorine pollution effecting toxically some plants.

Dr Piotr Maszner
Inst. Gleboznawstwa i Chemii Rolnej AR
Poznań, ul. Wojska Polskiego 71 f

