ROCZNIKI GLEBOZNAWCZE T. XX, Z. 1, WARSZAWA 1969

JAN GRESZTA, STEFAN GODZIK

WPŁYW HUTNICTWA CYNKU NA GLEBY

Pracownia Rekultywacji Zakładu Badań Naukowych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego PAN w Zabrzu

WSTĘP

Już w ubiegłym wieku zajmowano się wpływem przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na środowisko przyrodnicze. Większość prac poświęcona była jednak wpływowi zanieczyszczeń powietrza bezpośrednio na roślinność.

Wpływom zanieczyszczeń powietrza na roślinność przez zmianę warunków glebowych poświęcono znacznie mniej uwagi. W badaniach nad rodzajem zanieczyszczeń szczególną uwagę zwrócono na związki siarki. Inne składniki zanieczyszczeń stanowiły najczęściej tylko fragmenty prac poświęconych związkom siarki. Wynika to przede wszystkim z tego, że związki siarki stanowią na ogół główny składnik zanieczyszczeń emitowanych z większości zakładów przemysłowych. Nie można jednak zapominać, że badanie tylko związków siarki nie wyczerpuje zagadnienia. Jest bowiem regułą, że skład chemiczny emitowanych zanieczyszczeń jest bardzo złożony. Odnosi się to w całej rozciągłości do hutnictwa cynku, gdzie obok dużych ilości SO_2 wśród pyłów o złożonym składzie emitowane są między innymi cynk, ołów oraz w znacznie mniejszej ilości kadm.

PRZEGLĄD LITERATURY

Dwutlenek siarki utlenia się w powietrzu powoli do trójtlenku, a następnie już w połączeniu z wodą daje kwas siarkawy i siarkowy [6]. Sam dwutlenek siarki może dostać się do gleby bezpośrednio drogą absorpcji lub wraz z opadami atmosferycznymi. Głównym skutkiem

tego działania, zdaniem niektórych autorów [18], jest zmiana zawartości i formy związków wapnia w górnej warstwie gleby. Dowodem słuszności takiego rozumowania jest, zdaniem tego autora, fakt poprawy wzrostu roślin na powierzchniach wapnowanych.

Badania innych autorów [5, 6] wykazały, że długotrwałe działanie dwutlenku siarki na gleby uprawne nie miało żadnego ujemnego wpływu. Także w glebach naturalnych wpływ ten jest mały, jeśli mamy do czynienia z glebami silniej zbuforowanymi. W słabiej zbuforowanych glebach naturalnych wieloletnie działanie dwutlenku siarki może spowodować wzrost kwasowości i obniżenie ilości zasad. Gleby piaskowe w rejonie silnego oddziaływania zanieczyszczeń wykazywały wysoką kwasowość, gdy tymczasem gleby lepiej zbuforowane tego samego rejonu nie cierpiały z tego powodu. Absorpcja większych ilości SO_2 lub produktów jego utleniania może wywołać także ujemny wpływ na aktywność drobnoustrojów glebowych i rozkład substancji organicznych górnych warstw gleb [5].

O wyraźnym wzroście ilości związków siarki w glebach oraz wodach stawów i jezior donoszą także inni autorzy [3, 4], którzy badania prowadzili w otoczeniu zakładów metalurgicznych. Z drugiej strony przy intensywnej gospodarce i nieodpowiednim nawożeniu może nawet nastąpić obniżenie wysokości plonów wskutek niedostatku siarki [1, 6, 16].

Dla naturalnych gleb Polski, w zależności od typu i rodzaju, ilość cynku waha się w granicach 13-327 ppm w suchej masie gleby [10]. Zawartość cynku w glebach rejonów przemysłowych jest podwyższona; dochodzi do 1500 ppm [13, 14, 15] lub nawet do 10 000 ppm w suchej masie gleby [2].

Wpływ tak wysokich stężeń cynku na roślinność nie został, jak dotąd, zbyt dokładnie sprecyzowany, ponieważ poszczególne gatunki roślin reagują różnie. Przykładowo, stężenia cynku dochodzące do 0,30% nie powodowały ujemnych objawów u sosny [9]. Natomiast w przypadku świerka niekorzystnie wpływały już stężenia rzędu 180 ppm Zn w suchej masie gleby [8]. Podobne stężenia powodowały zamieranie żyta nie działając jednak niekorzystnie na gorczycę [9, 12].

Pozostałe dwa pierwiastki — ołów i kadm nie są potrzebne dla rozwoju roślin, przynajmniej nie stwierdzono tego dotychczas. Silne uszkodzenia roślin drzewiastych stwierdzono w otoczeniu huty ołowiu [1]. Przy stężeniu ołowiu 1615 i 1415 ppm w suchej masie gleby stwierdzono zamieranie dębów [17]. Są to wielkości skrajne, eliminujące roślinność. Przeciętne ilości ołowiu w glebie wahają się w granicach 2-119 ppm [2].

Celem pracy było zbadanie ilości głównych składników zanieczyszczeń powietrza emitowanych z huty cynku w glebach otaczających za-

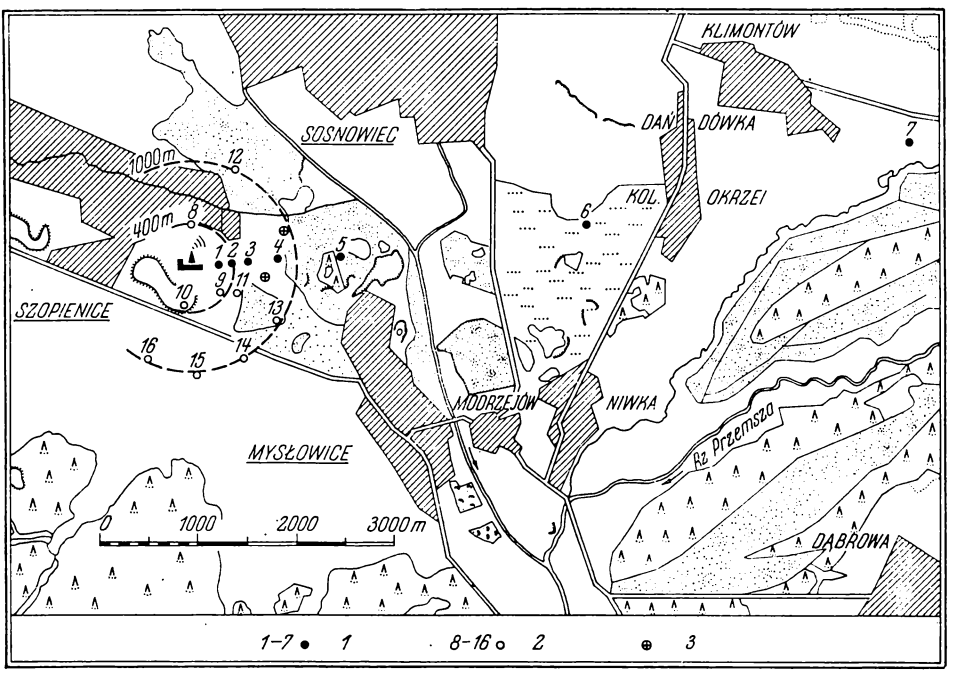
kład zarówno w różnej odległości od źródła emisji, jak w różnych głębokościach profilu glebowego.

Huta, wokół której prowadzono badania, znajduje się we wschodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego; w pobliżu nie ma drugiego tak poważnego źródła zanieczyszczeń o podobnym składzie. Badaniami objęto: cynk, ołów, kadm, siarkę, żelazo i mangan.

METODY I METODYKA

W kierunku przeważających wiatrów wykopano siedem profilów glebowych w odległości 200, 400, 600, 800, 1600, 4000, 7500 m (rys. 1). W sąsiedztwie zakładu, gdzie wskutek zanieczyszczeń powietrza roślinność jest całkowicie zniszczona, wykonano dodatkowo dziewięć pomocniczych odkrywek glebowych.

Rozmieszczono je wokół źródła emisji w następujących odległościach: 3 odkrywki w odległości 400 m, 1 odkrywkę w odległości 600 m oraz 5 okrywek w odległości 800 m.



Rys. 1. Rozmieszczenie odkrywek glebowych w terenie

1 — odkrywki zasadnicze, *2* — odkrywki pomocnicze, *3* — punkt pomiaru zanieczyszczenia powietrza

Soil profiles localization

1 — main profiles, *2* — auxiliary profiles, *3* — point of air pollution measurement

Rys. 2. Zniszczenie gleby wokół zakładu przemysłowego. *Fot. S. Godzik*
Soil destruction around the factory *(Phot. by S. Godzik)*

Aby ustalić wpływ warunków meteorologicznych (szczególnie wiatrów) na ilość wymienionych pierwiastków w otaczających glebach, do badań analitycznych z odkrywek pomocniczych pobrano próbki z dwóch głębokości: 1-10 i 11-20 cm. W odkrywkach zasadniczych pobrano próbki z czterech głębokości: 1-10, 20-30, 40-60 i 61-80 cm. Jedynie w odkrywce 7 pobrano próbki z poszczególnych poziomów genetycznych. Odpowiadały one jednak głębokości pobrania próbek w innych odkrywkach. Od wielu lat powierzchnie te nie były objęte jakąkolwiek uprawą i nie użytkowane rolniczo. W tych warunkach osadzone pierwiastki nie

powinny ulegać mechanicznemu przemieszczaniu w obrębie profilu glebowego.

Odkrywki 1, 2, 8 i 9 wykopano w odległości do 400 m od źródła emisji, na powierzchni całkowicie zdewastowanej substancjami emitowanymi przez zakład. Teren ten jest lekko falisty, pozbawiony całkowicie szaty roślinnej, z licznymi rynnami erozyjnymi. Uruchomione procesy erozyjne zdarły zupełnie warstwą próchniczną gleby (rys. 2). W przeszłości były tu gleby brunatne, wytworzone z utworów wodno-lodowcowych, o składzie mechanicznym glin lekkich pylastych.

Odkrywkę nr 10 wykopano na starym zwale hutniczym pobliskiej cynkowni. Odkrywki nr 3 i 11 położone są w odległości 600 m od zakładu na powierzchni pozbawionej roślinności.

Odkrywki 4, 12 i 13 wykopano na dawnych wyrobiskach popiaskowych, na utworach wodno-lodowcowych o składzie mechanicznym piasków gliniastych lekkich. Powierzchnia ta jest zadarniona, a poziom próchniczno-mineralny słabo wykształcony. Pozostałych poziomów genetycznych brak.

Odkrywki 14, 15 i 16 wykopano na glebie naturalnej, wykształconej z utworów wodno-lodowcowych o składzie mechanicznym piasków gliniastych mocnych, wyłączonych spod uprawy rolnej przed 5-8 laty.

Odkrywkę 5 wykonano na dawnym wyrobisku, na hałdzie niwelacyjnej, zbudowanej z miału węglowego. Wierzchowina hałdy pokryta została 30-centymetrową warstwą piasku.

Odkrywkę 6 wykopano na wyłączonej spod uprawy glebie naturalnej, wytworzonej z utworów wodno-lodowcowych o składzie mechanicznym piasków gliniastych. W otoczeniu znajdują się różnej wielkości zwały węglowe. Powierzchnia ta jest zadarniona, częściowo użytkowana jako pastwisko.

Odkrywkę 7 wykopano na wyłączonej spod uprawy glebie naturalnej, wykształconej z utworów wodno-lodowcowych o składzie mechanicznym piasków gliniastych lekkich, w odległości ok. 50 m od skraju piaskowni. Powierzchnia ta jest częściowo zadarniona, ze słabo wykształconym poziomem próchniczno-mineralnym.

BADANIA LABORATORYJNE

W zakresie prac laboratoryjnych wykonane zostały następujące oznaczenia:

— skład mechaniczny — metodą Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande i Prószyńskiego,

— odczyn oznaczono potencjometrycznie przy użyciu elektrody szklanej i kalomelowej,

— zawartość żelaza oznaczono miareczkowo trójchlorkiem tytanu według Struszyńskiego;

— zawartość manganu oznaczono kolorymetrycznie metodą Pejwego-Rinkinsa;

— zawartość ołowiu, cynku i kadmu ustalono polarograficznie (próbka traktowana wodą królewską);

— zawartość siarki — metodą stapiania z węglanem sodu i nadtlenkiem sodu.

W kompleksie sorpcyjnym oznaczono:

— kationy wymienne — metodą Gedroica;

— zawartość Ca^{2+} metodą miareczkową, Mg^{2+} metodą wagową, Na^{+} i K^{+} — fotometrycznie;

— zawartość glinu wymiennego — metodą Sokołowa.

WARUNKI METEOROLOGICZNE ORAZ WIELKOŚĆ EMITOWANYCH ZANIECZYSZCZEŃ

Na rozprzestrzenianie się związków emitowanych do atmosfery ma wpływ bardzo wiele czynników. Do najważniejszych należą rozkład i siła wiatru oraz ilość opadów atmosferycznych. W pracy niniejszej z konieczności ograniczono się jedynie do tych dwóch elementów. W celu scharakteryzowania rozkładu wiatrów posłużono się danymi za lata 1956-1960 ze stacji PIHM w Katowicach, położonej w prostej linii od badanego obiektu w odległości 10-20 km (tab. 1).

Tabela 1

Średni roczny rozkład kierunków wiatrów w procencie dla Katowic za lata od 1956 do 1960 /według danych PIHM/
Wind directions for Katowice as mean from the period of 1956-1960 as % /after State Hydrometeorological Institute/

Rok Year	Kierunek wiatrów - Wind direction									Suma opadów Sum of rainfall
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
1956	7,9	5,8	10,8	6,8	4,6	23,4	19,8	12,5	14,4	647,7
1957	6,6	5,2	6,6	5,5	5,2	24,3	15,1	9,3	22,2	633,2
1958	6,4	6,0	8,1	8,5	7,7	22,0	18,2	13,2	9,9	723,9
1959	6,9	8,8	11,3	11,1	7,1	15,2	16,6	12,7	10,3	718,2
1960	5,3	5,7	12,9	13,6	7,4	22,6	16,8	8,9	6,7	873,2
Średnia za pięciolecie Mean for 5-year period	6,6	6,3	9,9	7,9	6,4	21,6	17,3	11,3	12,7	719,2

Tabela 2

Opady pyłu oraz zawartość niektórych pierwiastków w poszczególnych punktach w g/m^2 na miesiąc za okres od lutego 1958 r.do stycznia 1959 r./według Kępskiego/

Dustfall and content of some elements in several points in g/m^2 per month, for the period from February 1958 to January 1959 /after Kępski/

	Miesiąc - Month												Średnia m-cy Monthly mean	Suma roczna Yearly sum	Uwagi Remarks
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I			
Ogólna ilość pyłu Dust, total amount	80,95	57,95	47,20	56,30	57,23	49,64	73,84	62,23	52,54	56,17	61,23	137,20	66,01	792,12	Punkt położony w odległości około 800 m od zakładu The point localized at the distance of about 800 m from the factory
cynk - zinc	4,22	4,78	2,65	4,83	4,81	3,02	2,37	2,66	2,26	4,96	6,17	17,64	4,22	50,59	
ołów - lead	0,04	0,04	0,05	0,15	0,05	1,20	0,09	0,06	0,19	0,18	0,14	0,96	0,25	3,06	
kadm - cadmium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,04	-	-	
miedź - copper	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,18	-	-	
żelazo - iron	-	-	-	-	-	-	-	3,74	1,09	4,98	1,60	3,86	-	-	
Ogólna ilość pyłu Dust, total amount	53,39	39,70	24,65	25,80	38,05	37,70	60,29	53,26	45,35	33,86	51,55	53,01	43,05	516,61	Punkt położony w odległości około 1000 m od zakładu· The point localized at the distance of about 1000 m from the factory
cynk - zinc	2,45	2,84	1,08	1,28	2,26	1,19	1,00	1,89	1,38	1,98	2,77	10,63	2,55	30,60	
ołów - lead	0,03	0,04	0,04	0,16	0,05	0,48	0,04	0,03	0,15	0,09	0,11	0,23			
kadm - cadmium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,04	-	-	
miedź - copper	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,05	-	-	
żelazo - iron	-	-	-	-	-	-	-	1,11	0,24	2,91	1,07	1,76	-	-	

Widoczna jest przewaga wiatrów południowo-zachodnich (21,5%), zachodnich (17,3%) i północno-zachodnich (11,3%). Stosunkowo duża jest również ilość dni bezwietrznych (cisza — 12,7%). W przeciwieństwie do dni bezwietrznych ilość dni z opadami zmniejsza zasięg emitowanych zanieczyszczeń. Tereny te otrzymują przeszło 700 m opadów rocznie, z czego największa ilość przypada na zimę i wiosnę (tab. 1). Najmniejsza ilość opadów przypada na jesień. Największą ilość zanieczyszczeń stwierdzono w miesiącach zimowych.

Ilości emitowanych zanieczyszczeń podano według pomiarów wykonanych w latach 1958-1959 (tab. 2) [7].

Omawiany zakład emituje rocznie do atmosfery około 4300 t pyłów, z czego 600 t przypada na cynk, a 60 t na ołów. W skład pozostałej reszty wchodzi cały szereg różnych pierwiastków, jak kadm, miedź, żelazo, mangan itp. W ciągu roku na jeden hektar powierzchni, położonej w odległości 600 m od źródła emisji, w kierunku przeważających wiatrów spada około 95 ton pyłów, co stanowi 2,2% ogólnej ilości emitowanych pyłów. W odległości 800 m od źródła emisji w głównym kierunku wiatrów ilość opadających pyłów wynosi 62 t/ha na rok, co stanowi 1,4% emitowanych zanieczyszczeń.

Na przestrzeni tych 200 m następuje więc obniżenie ilości opadających pyłów o 27%. W składzie emitowanych pyłów substancje nieorganiczne stanowią od 64 do 71%. Z tego na cynk przypada ok. 8%, żelazo 5%, ołów 0,5%, natomiast na kadm i miedź zaledwie setna część procenta.

ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH SKŁADNIKÓW ZANIECZYSZCZEŃ W GLEBACH BADANEGO REJONU

Pierwotnie sądzono, że cynk opada w promieniu do 3,5 km [9]. Dokładniejsze badania wykazały, że zawartość cynku w glebie i na liściach roślin spada szybko i w odległości 2-3 km osiąga pierwsze minimum, by ponownie wzrosnąć, a następnie osiągnąć drugie minimum w odległości 5,0-5,5 km. Pierwsze maksimum związane jest z opadem grubo dyspersyjnych cząstek, a drugie maksimum — z opadem cząstek koloidalnych [9].

Z wykonanych badań wynika, że począwszy od 600 m zawartość poszczególnych pierwiastków w glebie spada dość równomiernie w miarę oddalania się od źródeł emisji. Najwyższe stężenie stwierdzono w odległości 200 m od zakładu. W odległości 400 m następuje gwałtowny spadek, następnie ponowny wzrost (600 m) do pierwotnego poziomu.

Począwszy od tego miejsca następuje szybki spadek zawartości badanych pierwiastków w glebie. W odległości 4000 m osiągają one swoje minimum, by w odległości 7500 m znów nieznacznie wzrosnąć. Widać to dla cynku, ołowiu i kadmu (rys. 3 i 4).

W odległości do 600-700 m od źródła emisji została całkowicie zniszczona roślinność wyższa. Uruchomiło to procesy erozji gleby, w wyniku której została zdarta, a następnie uniesiona wierzchnia warstwa gleby, a wraz z nią opadłe na powierzchnię emitowane przez hutę pierwiastki. Powoduje to, że w ich rozmieszczeniu stwierdza się zasadnicze różnice na stosunkowo małej powierzchni. Ilustrują to wyniki badań dwóch odkrywek położonych obok siebie w odległości do 20 m (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość niektórych pierwiastków w glebie odkrywek położonych w odległości 20 m obok siebie

Content of some elements in samples from soil profiles localized in 20 m spacings

Relief Area topography	Nr odkrywki Profile No.	Głębokość Depth cm	Zawartość w ppm w s.m. gleby Content in ppm of dry matter of soil					
			Zn	Pb	Cd	S	Fe	Mn
Teren płaski Flat terrain	1A	0-10	12 200	2 500	190	2 470	10 000	275
	1A	15-30	1 230	530	40	1 480	11 650	137
	1A	40-50	468	-	-	2 200	11 650	137
	1A	60-80	97	-	-	930	8 300	0
Teren pagórkowaty Rolling terrain	1B	0-10	5 900	380	80	2 151	11 650	1 375
	1B	15-30	750	90	20	932	6 650	550
	1B	40-50	145	-	-	2 060	16 650	137
	1B	60-80	63	-	-	520	15 000	412

Istnieje wyraźna zależność między ilością opadających zanieczyszczeń a kierunkiem wiatrów (tab. 4). Punkty położone na południe od źródła emisji (odkrywki 14, 15 i 16) wykazują kilkakrotnie mniejsze ilości cynku, ołowiu i kadmu od punktów położonych na wschód i północ. Nie widać tej prawidłowości w odkrywce 10. Jest to jednak wynikiem wykonania jej na zwale mieszanym, z dużą domieszką materiału wywożonego z huty. Stwierdzono, że w większej odległości od źródła emisji (odległość 4000 oraz 7500 m) zawartość ołowiu jest większa niż cynku (rys. 3). W pobliżu źródła emisji wynosiła ona zaledwie ok. 25% ilości cynku.

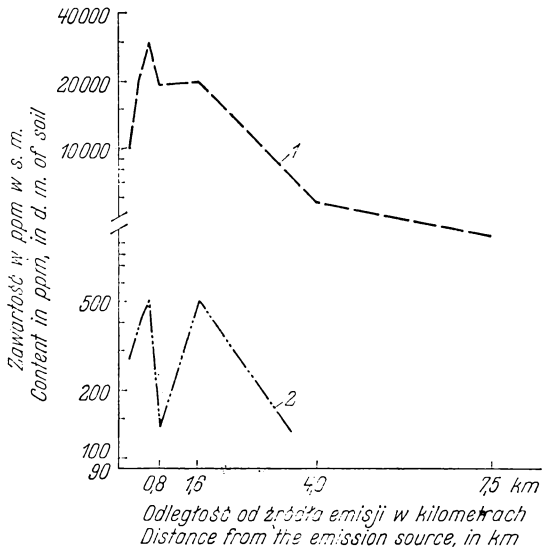
Starano się ustalić zależność między zawartością emitowanych pierwiastków w glebie a występowaniem roślinności. Stwierdzono, że w odległości do 600-700 m od zakładu teren pozbawiony jest całkowicie szaty

Tabela 4

Zawartość niektórych pierwiastków występujących w znacznych stężeniach w glebach położonych w sąsiedztwie huty cynku

Content of some elements occurring in high concentrations in soils from the neighborhood of a zinc metallurgy factory

Odkrywka Nr Profile No.	Głębokość Depth cm	Zawartość w ppm w s.m. gleby Content in ppm of dry matter of soil					
		Zn	Pb	Cd	S	Fe	Mn
1	0-10	12 200	2 500	190	2 470	10 000	275
	15-30	1 230	530	40	1 480	11 650	137
	40-50	467	-	-	2 200	11 650	137
	60-80	57	-	-	930	8 300	000
2	0-10	1 400	600	50	2 151	19 150	412
	15-30	1 500	80	50	817	10 000	275
	40-50	-	-	-	1 950	5 000	137
	60-80	-	-	-	1 370	8 000	000
3	0-10	11 200	2 600	230	1 426	30 000	550
	16-30	3 600	240	110	893	10 000	275
	60-80	-	-	-	śl	1 650	000
4	0-10	4 500	1 100	130	2 136	19 150	137
	10-18	300	150	30	522	8 300	000
	30-50	-	-	-	śl	46 650	1 237
5	0-10	2 300	600	20	1 979	20 000	550
	15-30	400	200	-	10 015	35 000	962
	40-50	-	-	-	2 750	32 500	825
6	0-10	200	269	10	2 620	5 800	000
	15-30	-	-	-	0 000	7 500	000
	40-60	-	-	-	0 000	1 650	000
	60-80	-	-	-	0 000	3 300	000
7	0-10	300	320	60	993	4 150	000
	20-30	-	-	-	768	800	000
	40-60	-	-	-	178	800	000
	60-80	-	-	-	000	800	000
12	0-10	2 000	390	30	4 966	39 494	545
	10-20	120	40	10	-	62 062	-
8	0-10	34 000	3 800	290	5 521	15 516	500
	10-20	600	610	50	-	9 873	230
9	0-10	1 100	340	-	3 821	14 105	765
	10-20	630	80	-	837	12 694	405
10	0-10	20 000	2 700	120	2 832	11 284	650
	10-20	14 000	2 000	80	390	14 105	370
13	0-10	1 600	320	-	3 040	12 694	860
	10-20	700	310	-	1 281	9 873	475
11	0-10	4 100	800	-	979	19 747	650
	10-20	540	300	-	217	12 694	560
16	0-10	940	380	-	1 083	18 336	485
	10-20	200	190	10	784	16 926	405
15	0-10	1 000	400	10	688	23 978	460
	10-20	350	200	10	212	16 926	715
14	0-10	720	210	-	3 094	8 463	460
	10-20	200	200	20	260	7 053	115



Rys. 3. Zawartość w glebach żelaza i manganu w zależności od odległości od źródła emisji

1 — żelazo, *2* — mangan

Iron and manganese content in soil depending on the distance from the emission source

1 — iron, *2* — manganese

roślinnej. Ilości cynku przekraczają często 10 000 ppm w suchej masie gleby, przy wyższej niż gdzie indziej zawartości pierwiastków towarzyszących. W przypadku tym trudno jest ustosunkować się ściśle do otrzymanych liczb bezwzględnych. Można operować jedynie pewnym rzędem wielkości. Za liczbę graniczną należy przyjąć dla cynku ilość 5000 ppm w suchej masie gleby, przy równoczesnej obecności innych towarzyszących mu pierwiastków. Przy zawartości cynku do 4500 ppm w suchej masie gleby stwierdzono występowanie kilku gatunków roślin. Nie tworzyły one zwartej darni, lecz jedynie oderwane kępy. Wygląd roślin w znacznej mierze uzależniony był od mikrorzeźby terenu. W skład tej roślinności wchodzą przeważnie chwasty, przez wielu autorów uważane za rośliny bardzo odporne na obecność cynku. Należą do nich: *Arabis Halleri, Calamagrostis epigeios* i *Triticum repens.* Zwartą darń tworzą rośliny przy stężeniu cynku dochodzącym do 2300 ppm w suchej masie gleby.

W glebach uprawnych Śląska zawartość cynku sięga czasem 1500 ppm w suchej masie przy odpowiedniej ilości innych pierwiastków towarzyszących [13]. Wydaje się, że jest to górna granica, przy której gleba nadaje się do uprawy. Z obserwacji wynika, że przy stężeniu cynku, dochodzącym do 1000 ppm suchej masy, porzucano uprawę zbóż (odkrywki 14, 15, 16).

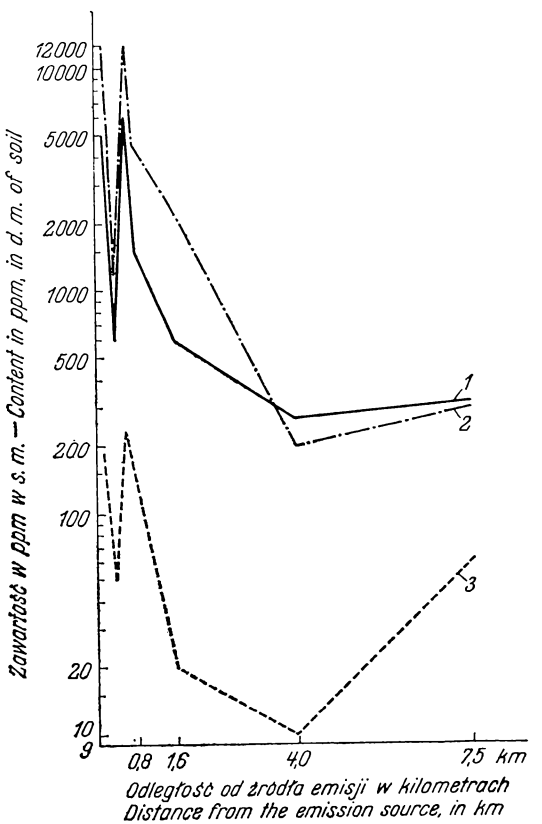
Stężenia, przy których mogą rosnąć poszczególne gatunki roślin, nie są ściśle ustalone.

Istotne znaczenie ma tu odczyn gleby i jej własności fizykochemiczne.

ZNIEKSZTAŁCENIE GLEB W BADANYM REJONIE

W większości przypadków proces degradacji gleb wskutek przemysłowego zanieczyszczenia atmosfery jest trudny do uchwycenia. Skumulowane na powierzchni gleby związki nie powodują bowiem widocznych zmian morfologicznych w profilu glebowym lub zmiany te są tak powolne, że uchodzą zwykle uwadze. Najczęściej obserwuje się spadek plonów albo występowanie chorób na roślinach uprawnych. W skrajnych przypadkach, jak to ma miejsce na omawianym obiekcie, dochodzi do zupełnego zniszczenia roślinności wyższej i zamiany całej powierzchni w nieużytek. Nawet zawartość związków żelaza, bardzo widoczna w profilach glebowych w normalnych warunkach, nie powoduje tu charakterystycznego zabarwienia. Do pewnego stopnia uważać to można za wskaźnik, że opadające związki występują w formie trudno rozpuszczalnej (bądź łączą się w tego rodzaju formy). Dlatego zmiany w glebach można stwierdzić jedynie w drodze analizy chemicznej.

Wokół badanego obiektu zawartość Zn w wierzchnich warstwach gleby dochodzi niekiedy do 34 000 ppm w suchej masie. Natomiast



Rys. 4. Zawartość w glebach cynku, ołowiu i kadmu w zależności od odległości od źródła emisji

1 — ołów, *2* — cynk, *3* — kadm

Zinc, lead and cadmium content in soil depending on the distance from the emission source

1 — lead, *2* — zinc, *3* — cadmium

1000-4500 ppm Zn w suchej masie gleby występuje prawie na całym obszarze w odległości do 800 m od zakładu przemysłowego.

Cynk gromadzi się w przeważającej części w warstwie powierzchniowej do głębokości 10 cm. Już na głębokości 15-30 cm zawartość cynku w glebach zmniejsza się 4-8-krotnie, do granic spotykanych niekiedy w glebach naturalnych. Prawdopodobnie mała migracja cynku (a także ołowiu, kadmu) w głąb profilu glebowego spowodowana jest przez to, że cynk występuje w formie trudno rozpuszczalnej. Aby nie dopuścić do nadmiernego nagromadzenia się cynku w wierzchnich warstwach gleby, powinno się możliwie głęboko orać co roku i często wapnować. Być może pozwoli to na utrzymanie tych gleb w sprawności biologicznej, co wcale nie oznacza przywrócenia im poprzedniego stopnia użyteczności.

Również i ołów występuje na omawianym obszarze w ilościach bardzo wysokich. Odnosi się to zwłaszcza do terenów położonych do ok. 800 m od zakładu. Zarówno ołów, jak i kadm występują w większych ilościach w wierzchnich warstwach gleby.

Omawiana huta cynku emituje rocznie do atmosfery średnio około 3000 ton siarki w czystym składniku. W przeliczeniu na SO_2 ilość ta się podwaja. Odczyn badanych gleb nie wykazuje większych odchyleń od innych kompleksów glebowych, wykształconych z analogicznych typów i rodzajów gleb. Wynika z tego, że ilości emitowanych związków o charakterze zasadowym równoważą ujemne oddziaływanie tlenków siarki, a nawet powodują pewną alkalizację środowiska. Odczyn gleb normalnych przeważnie wzrasta wraz z głębokością profilu glebowego.

W naszych badaniach warstwy wierzchnie wykazują wyższy odczyn od warstw leżących w głębi profilu glebowego (tab. 5). Wskazuje to, że akumulacja opadających zanieczyszczeń ma miejsce głównie w wierzchnich warstwach gleby. Mimo tak zrównoważonego bilansu należy liczyć się z toksycznym oddziaływaniem emitowanych związków, ponieważ zazwyczaj występują one w różnych formach (SO_2, ZnO, PbO i in.) i łączą się z sobą dopiero na powierzchni roślin bądź gleby. Ponadto w poszczególnych etapach procesów technologicznych wyrzucane zostają niekiedy w większej ilości związki siarki, w innym znów przypadku tlenki metali. Wskutek nierównomiernego wyrzucania w powietrze przez pewien okres czasu (niekiedy bardzo krótki) oddziaływać będą na roślinność produkty łączenia się SO_2 z H_2O bądź nie zrównoważony nadmiar tlenków metali. Świadczą o tym podane w literaturze wyniki pomiarów pH wody deszczowej, które w sąsiedztwie hut cynku wahają się od 2,2 do 7,4. Z odczynem gleb wiąże się również toksyczne oddziaływanie emitowanych związków. Z tych powodów należy dążyć, by gleby narażone na zanieczyszczenia powietrza tlenkami cynku, ołowiu, kadmu itp. były utrzymywane w granicach pH 6,5-7,5. Przy tym odczynie związki cynku

Tabela 5

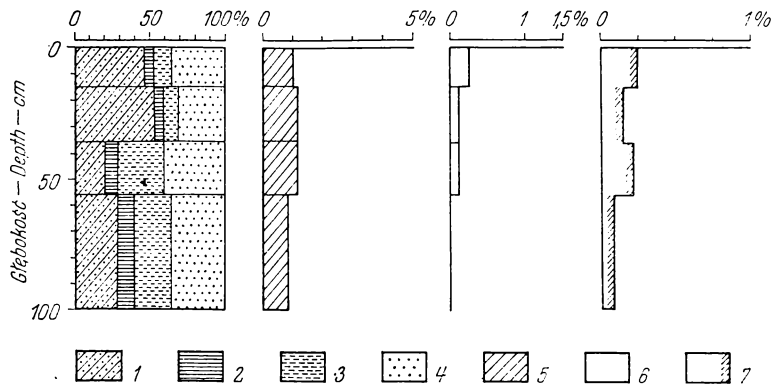
Niektóre właściwości chemiczne gleb w sąsiedztwie huty cynku
Some chemical properties of soils in the neighborhood of a zinc metallurgy factory

Nr No.	Odkrywka Nr Profile No.	Głębokość Depth cm	pH		Kwasowość Acidity		Glin wymienny Exchangeable Al_w	Kationy wymienne m.e./100 g Exchangeable cations in m.e. per 100 g					Pojemność hydrolityczna w m.e. Hydrolytical capacity in m.e.	Stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego Saturation degree of sorption complex
			KCl	H_2O	hydrolityczna hydrolytic H_h	wymienna exchangeable H_w		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Suma Sum Ca+Mg+K+Na S_1	$E_h=S_1+H_h$	$V_h=\frac{S_1}{E_h}$
					m.e./100 g									
1	1	0-15	6,3	6,4	2,0	1,6	0,3	0,6	0,2	0,8	1,4	3,0	5,0	60,0
2		18-30	5,6	5,6	1,6	1,5	0,1	0,2	0,1	0,7	1,3	2,3	3,9	58,9
3		40-50	4,8	5,4	3,1	1,3	0,3	2,5	1,7	0,7	1,2	6,1	9,2	66,3
4		60-80	4,8	5,3	2,7	2,1	0,3	2,0	0,2	0,6	1,3	4,1	6,8	60,2
5	2	0-10	5,9	6,1	2,8	0,8	0,4	2,2	1,0	0,7	1,3	5,2	8,0	65,0
6		15-30	5,7	6,0	2,0	1,9	0,5	0,7	0,4	0,5	1,0	2,6	4,6	56,5
7		40-50	5,5	5,8	1,6	0,6	0,2	1,6	0,2	0,6	1,3	3,7	5,3	69,8
8		60-80	5,3	5,7	1,6	0,8	0,3	0,7	0,4	0,6	1,2	2,9	4,5	64,4
9	3	0-10	6,0	6,6	3,6	1,0	0,6	5,2	1,8	0,7	1,3	9,0	12,6	71,4
10		10-30	6,3	6,9	1,1	0,7	0,3	1,0	1,0	0,5	1,1	3,6	4,7	76,5
11		30-50	5,9	6,5	0,9	0,1	0,1	0,2	śl	0,6	1,3	2,1	3,0	70,0
12		60-80	6,3	6,7	0,4	0,0	0,1	0,0	śl	0,6	1,3	1,9	2,3	82,6
13	4	0-8	6,8	6,8	1,2	0,5	0,2	1,5	0,9	0,6	1,3	4,3	5,5	78,1
14		10-18	6,0	6,6	0,6	0,2	0,1	0,3	śl	0,5	1,0	1,8	2,4	75,0
15		35-50	6,3	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	5	0-15	6,3	7,0	1,9	0,2	0,1	0,6	0,1	0,7	1,3	2,7	4,6	58,6
17		25-30	6,7	7,1	0,7	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	x
18		40-50	6,6	7,1	0,6	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	x
19	6	0-15	4,8	6,1	1,3	0,2	0,2	1,0	0,1	0,7	1,3	3,1	4,4	70,4
20		15-30	4,5	5,7	2,2	0,5	0,4	1,1	0,1	0,5	0,9	2,6	4,8	54,1
21		40-59	5,0	5,8	0,8	0,2	0,3	0,3	śl	0,7	1,3	2,3	3,1	74,1
22		60-80	4,3	5,3	2,1	1,7	0,3	0,4	śl	0,6	1,2	2,2	4,3	51,1
23	7	0-10	5,4	6,6	2,3	0,1	0,1	0,9	0,1	0,3	0,7	2,0	4,3	46,5
24		25-30	5,3	6,3	1,0	0,0	0,1	0,3	śl	0,6	1,2	2,1	3,1	67,7
25		40-60	5,1	6,2	2,4	0,1	0,1	0,2	śl	0,6	1,3	2,1	4,5	46,6
26		60-80	6,0	6,4	0,6	0,0	0,1	0,4	śl	0,6	1,2	2,2	2,8	78,5

x Gleba zawierała odpady kopalniane
The soil contained mining wastes

występują zwykle w formie trudno rozpuszczalnej. Dlatego to w celu przeciwdziałania degradacji zaleca się wapnowanie [9, 12, 18].

Również żelazo występuje w bardzo dużej ilości. Spotyka się niekiedy stężenie w glebach naturalnych. Występuje ono w formie wodorotlenków, wykazujących tendencje do przemieszczania się w głąb profilu glebowego, tworzących charakterystyczne konkrecje bądź też nadających glebom intensywne zabarwienie. Z intensywności zabarwienia można wnioskować o ilości żelaza w glebie. W odniesieniu do badanych gleb nie widać zmian barwy w profilu glebowym. W przeciwieństwie do Zn i Pb żelazo przeniknęło dość głęboko w głąb profilu glebowego.

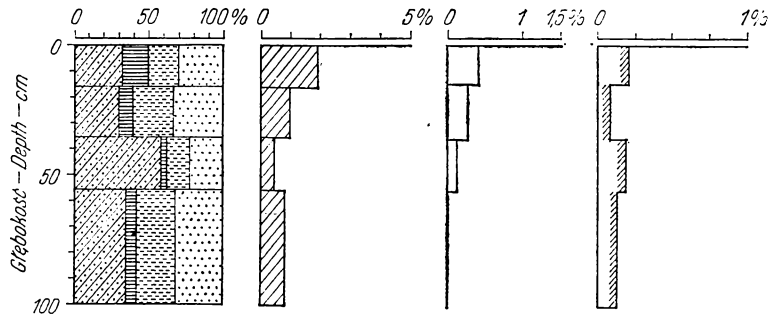


Rys. 5. Profil 1

1 — piasek 1,0-0,1 mm, *2* — pył gruby 0,1-0,05 mm, *3* — pył drobny 0,05-0,02 mm, *4* — części spławialne poniżej 0,02 mm, *5* — żelazo, *6* — mangan, *7* — siarka

Profile No. 1

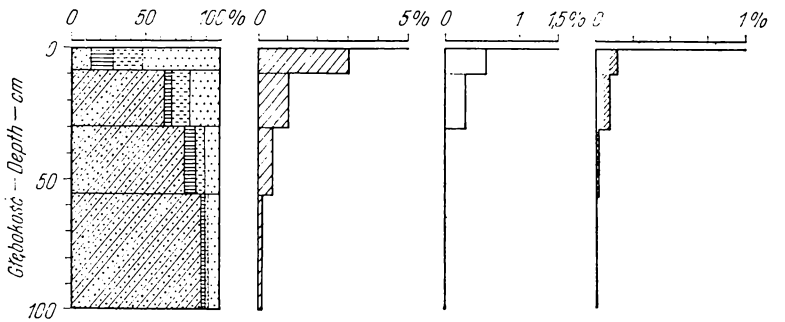
1 — sand 1.0-0.1 mm, *2* — coarse dust 0.1-0.05 mm, *3* — fine dust 0.05-0.02 mm, *4* — clay particles, below 0.02 mm, *5* — iron, *6* — manganese, *7* — sulphur



Rys. 6. Profil 2 (objaśnienia jak na rys. 5)

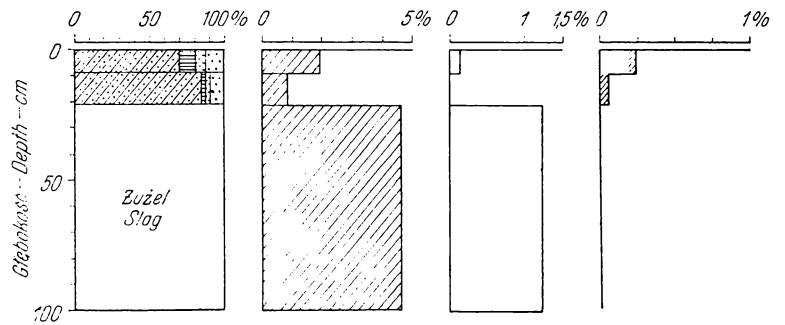
Profile No. 2 (comment as in Fig. 5)

W odkrywkach położonych w nieznacznej odległości od źródła emisji (odkrywki 1, 2, 3, rys. 5, 6, 7) widać wyraźnie, że proces akumulacji przeważa nad procesem wymywania. W miarę oddalania się od źródeł emisji nie widać prawidłowości w rozmieszczeniu żelaza w glebie. Jest to prawdopodobnie związane z mniejszą ilością opadających związków oraz występowaniem roślinności wyższej. W trakcie procesów biochemicznych związki żelaza zostają uruchomione i wymywane w głąb profilu glebowego. Nie bez znaczenia jest tu również skład mechaniczny (piaski luźne) występujących tam kompleksów glebowych. Najwyraźniej widać to w odkrywce 6 (rys. 10), gdzie zmianie składu mechanicznego odpowiadają różne zawartości żelaza w glebie. Równie wymownym tego przykładem jest odkrywka 4. W glebach o jednolitowym składzie mechanicznym (odkrywka 7, rys. 11) rozmieszczenie związków żelaza jest bardzo równomierne w całym profilu glebowym.



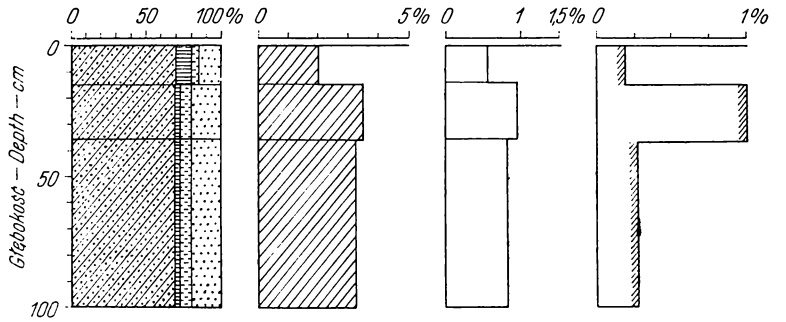
Rys. 7. Profil 3 (objaśnienia jak na rys. 5)

Profile No. 3 (comment as in Fig. 5)



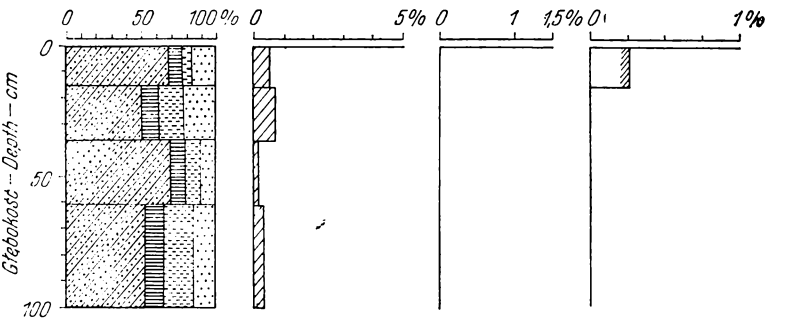
Rys. 8. Profil 4 (objaśnienia jak na rys. 5)

Profile No. 4 (comment as in Fig. 5)



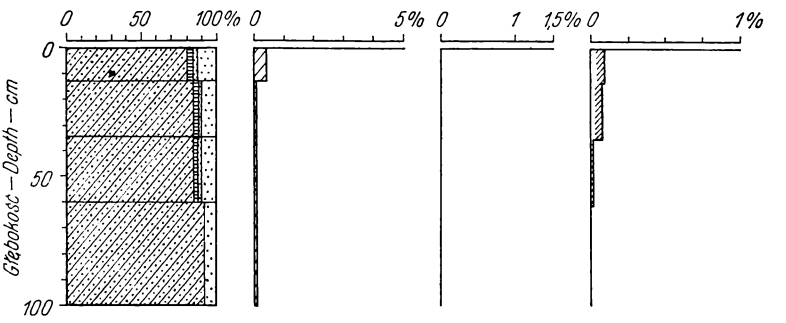
Rys. 9. Profil 5 (objaśnienia jak na rys. 5)

Profile No. 5 (comment as in Fig. 5)



Rys. 10. Profil 6 (objaśnienia jak na rys. 5)

Profile No. 6 (comment as in Fig. 5)



Rys. 11. Profil 7 (objaśnienia jak na rys. 5)

Profile No. 7 (comment as in Fig. 5)

Ze związkami żelaza emitowane są do atmosfery związki manganu. W badanym terenie występują one jednak w mniejszej ilości niż w niektórych glebach naturalnych. Pomimo to stwierdzone ilości manganu uważać należy za duże. Analogicznie do związków żelaza obecność manganu w budowie profilu glebowego nie objawia się charakterystycznym zabarwieniem. W odległości ponad 1600 m zwiększenia ilości manganu w glebie nie stwierdzono. Wspomnieć należy również o emitowaniu takich pierwiastków, jak Ca, Mg, K, Na, Si i innych. Obecność niektórych z nich (Ca i Mg) uważać należy za bardzo wskazaną, ponieważ przeciwdziałają nadmiarnemu zakwaszeniu. W większości przypadków Na powoduje zmianę charakteru tych gleb i nadaje im własności gleb słonych. Wskazuje na to zwłaszcza stosunek potasu do sodu oraz w kompleksie sorpcyjnym stosunek sodu do wapnia i potasu. Zakłócenia te są szczególnie widoczne w odkrywkach położonych w pobliżu zakładu. W miarę oddalania się od źródła zanieczyszczeń stężenia poszczególnych pierwiastków maleją często do ilości spotykanych w glebach naturalnych.

WNIOSKI

1. Ilości cynku w powierzchniowych warstwach gleb badanego rejonu są bardzo wysokie i dochodzą do 34 000 ppm w suchej masie gleby.

2. Wykryte stężenia cynku i ołowiu w glebach przy równoczesnej obecności innych pierwiastków (miedź, kadm itp.) eliminują całkowicie roślinność wyższą na terenie kierunku przeważających wiatrów do 800 m od źródła emisji.

3. Zawartość pierwiastków śladowych na powierzchniach pozbawionych roślinności uzależniona jest w znacznym stopniu od mikrorzeźby terenu.

4. Widoczne w pobliżu hut cynku wyniszczenie roślinności związane jest głównie z obecnością w glebie nadmiernych ilości cynku i ołowiu przy równoczesnej obecności innych pierwiastków śladowych, jak miedzi czy kadmu, nie zaś emitowanych związków siarki. Przemawia za tym również i to, że w pobliżu dużych zakładów energetycznych, gdzie ilości emitowanych związków siarki są nawet większe, występuje roślinność wyższa.

5. Główne nagromadzenie emitowanych pierwiastków obserwuje się w górnej części profilu gleby. Już na głębokości 50 cm zawartość ich spada do ilości spotykanych w niektórych glebach uprawnych.

LITERATURA

[1] Berge H.: Phytotoxische Immissionen, Paul Parey, Berlin-Hamburg 1963.

[2] Bould C., Hewitt E. J.: Mineral nutrition of plants in soils and in culture media. W: Steward F. C.: Plant Physiology a treatise, vol. III, 15-133, Acad. Press. New York 1963.

[3] Gordon A.G., Gorham E.: Ecological aspects of air pollution from an iron-sintering plant at Wawa, Ontario. Can. J. Bot., 41, 1963, 1063-1078.

[4] Gorham E., Gordon A.G.: Some effects of smelter pollution northeast of Falconbrige, Ontario, Can. J. Bot., 38, 1960, 307-313.

[5] Katz M. i wsp.: Effect of sulphur dioxide on vegetation. National Research Council of Canada, Ottawa 1939.

[6] Katz M.: Sulphur dioxide in the atmosphere and its relation to plant life. Ind. Eng. Chem., 41, 1949, 2450-2465.

[7] Kępski J.: Wpływ Zakładów Cynkowych Szopienice na osiedle mieszkaniowe. Biuletyn Komitetu dla spraw GOP przy Prezydium PAN, nr 54, Warszawa 1962. Wyniki badań za okres od lutego 1958 do stycznia 1959 i od lutego do grudnia 1959.

[8] Kick H., Brauckmann E., Grosse: Störungen bei Gefässversuchen durch Zinkabgabe aus dem verzinkten Drahtgeflecht eines Vogelschutzkäfigs. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkun. 106, 1964, 32-34.

[9] Krüger E.: Rauchschäden durch Zink. Freiberger Forschungshefte, Ausg., B. 6, 1951, 47-51.

[10] Musierowicz A.: Niektóre mikroelementy w glebach. Rocz. glebozn., dodatek do t. 9, 1960.

[11] Pelz E., Beyer H., Bleyer G.: Untersuchungen zur Diagnose und Wirkung von Rauchschäden in der Umgebung einer Bleihütte. Wiss. Z. TU, Dresden 11, 1962, 581-588.

[12] Rautenberg E., Bussler W.: Anreicherung von Zink im Boden und Schäden durch Zink an Pflanzen in einem Drahthaus. Z. Pflanzenern., Düng. Bodenkun., 106, 1964, 35-38.

[13] Skawina T.: Procesy zniekształcania gleb w okręgach górniczych i przemysłowych. Rocz. glebozn., t. 7, dodatek, 1958.

[14] Skawina T., Szalonek I., Warteresiewicz M., Wąchalewski T.: Zastosowanie testu roślinnego do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki. Postępy Nauk rolniczych, nr 3 (87), 1964.

[15] Skawina T., Wąchalewski T.: Pierwiastki śladowe w glebach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Biuletyn 5 Zakładu Badań Naukowych GOP—PAN, 1965.

[16] Thomas M. D., Hendricks R. H.: Effect of air pollution on plants. Z pracy: Air pollution Handbook, Mc Book Comp., Graw-Hill, 1956.

[17] Wentzel K. F.: Rauchschadenkundliche Lehren der Untersuchung von Wirkungen eines Ausfalles von Filter und Absorptionsanlagen einer Bleihütte. Wiss. Z. TU, Dresden 11, 1962, 581-588.

[18] Wieler A.: Probleme der Rauchschadenforschung. Angew. Bot. 4, 1922, 209-222.

Я. ГРЕШТА, С. ГОДЗИК

ВЛИЯНИЕ ЦИНКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ПОЧВЫ

Лаборатория Рекультивации, Научно-исследовательского института Верхнесилезского промышленного округа Польской Академии Наук г. Забже

Резюме

Изучалось влияние промышленных загрязнений воздуха, на почвы залегающие в окружности цинкового металлургического завода. Кроме соединений серы определению подлежали: цинк, свинец, кадмий, марганец, железо и другие. Сверх того выполнен ряд химических определений в почвенных образцах, отобранных в 16 пунктах, расположенных вокруг завода (рис. 1).

В названных пунктах средние почвенные образцы были взяты с 4 различных глубин, в девяти пунктах с 2 глубин профиля. Первые 7 разрезов были сделаны с учетом преобладающего направления ветра. Ближайший разрез находлся в 200 м от ограды завода, а последний в 7,5 км.

В результате проведенных определений установлено, что самые высокие концентрации цинка, свинца и кадмия находятся в поверхностном слое почвы (1-10 см). На глубине 11-20 см обнаружены заметно меньше количества названных элементов. Чем глубже, тем количетсва определяемых элементов были меньше. На глубине 100 см содержание исследованных элементов практически приближалось к количествам находимым в неискаженной загрязнениями почве. В зоне где растительный покров был полностью уничтожен (до около 600-800 м/от ограды), количество цинка в поверхностном слое колебалось в пределах 34 тыс. до 5 тыс. мг на кг сухого вещества почвы. На расстоянии до 1600 м содержание цинка было выше, чем свинца. На расстоянии от 3,5 по 7,5 км установлено большее количество свинца, чем цинка. Содержание определяемых элементов в почвах на расстоянии 400 м от предприятия оказалось отчетливо меньшим от количеств находимых в разрезах, отдаленных на 200 и 600 м. В последне названных пунктах количества определяемых элементов были сходны. С повышением расстояния (больше 600 м) их количества отчетливо понижались.

Установлено, что выпадающие (осаждающиеся) загрязнения (особенно цинк, свинец и кадмий) не проникают в глубину почвенного профиля, что указывает на невысокую их подвижность. Реакция исследованных почв была близка нейтральной, при чем pH поверхностных слоев (особенно вблизи завода) было выше, чем в нижележащих слоях. Это указывает на подщелачивание почвы оседающей пылью и на меньшее чем предполагалось влияние кислотной части загрязнений (Hn. SO_2).

Наблюдаемое вблизи вавода истребление растительности обязано в главном наличию в почве избыточных количеств цинка и свинца при одновременном присутствии других микроэлементов как: меди либо кадмия, а не эмитированным соединениям серы. В пользу этой предпосылки говорит и то, что в окружности больших энергетических предприятий, где количества эмитированных соединений серы даже значительно больше, высшая растительность сохраняется.

J. GRESZTA, S. GODZIK

EFFECT OF ZINC METALLURGY ON SOILS

Laboratory of Post-Industrial Lands Reclamation, Research Institute for Upper Silesian Industrial Area, Polish Academy of Science, Zabrze

Summary

The effect of industrial air pollutants on soils in the vicinity of a zinc metallurgy factory was studied. Beside of sulphur compounds, the measurements comprised: zinc, lead, cadmium, manganese, iron et oth. Moreover, a number of chemical determinations in the soil samples taken at 16 points surround the factory (Fig. 1) were carried out.

From these points mentioned, mean soil samples for analyses were taken from 4 different depths and in nine cases — from 2 depths. The first 7 soil profiles have been made in the direction of prevailing winds. The nearest soil profile was set up at the distance of about 200 m, the farthest — at the distance of 7.5 km from the factory fencing.

It has been stated that the highest zinc, lead and cadmium concentraition occurs in upper soil layer (0-10 cm). At the depth of 11-20 cm much less amounts of the above elements have been observed. With the depth increase a decrease of amount of the elements investigated occurs. At the depth of 100 cm the amount of these elements approximates that in non-contaminated soils. In the zone where total plant cover destruction took place (to about 600-800 m from the factory fencing) the zinc amount in the upper soil layer fluctuates within the limits from 34 thousand to 5 thousand ppm in dry matter. At the distances to about 1600 m the zinc content in soil was higher than that of lead. At the distance of 3.5-7.5 km higher lead content than that of zinc has been stated. The amount of the determined elements in soil at the distance of 400 m from the factory was distinctly less than that in the soil profiles at the distance of 200 or 600 m from the factory. In both latter points the amounts of the determined elements approximated each other. With distance increase (over 600 m) their content distinct decrease.

It has been stated that the pollutants falling down upon the soil (particularly those of zinc, lead and cadmium) do not migrate into deeper soil profile layers, what gives evidence of their little mobility. The reaction of the soils investigated approximated the neutral one, at which pH of the surface soil layers (particularly at nearer distances from the factory) was higher than that of the deeper layers. It shows that the soil was alkalized by dustfall and that the influence of acid contaminants (e.g. SO_2) was less than it has been supposed.

The plant cover destruction in the vicinity of zinc metalurgy factories is connected mainly with the presence of excessive zinc and lead amounts, at simultaneous occurrence of the other trace elements, such as copper or cadmium, and not of sulphur compounds emission. This is corroborated also by the fact that in the vicinity of big power stations, where the amounts of the emitted sulphur compounds are even more higher, plants are growing.

Wpłynęło do redakcji w lipcu 1968 r.