

JANUSZ ROSADA*, MARTA PRZEWOCKA**

**WYZNACZENIE WARUNKÓW DLA OKREŚLENIA WSTĘPNEJ
IZOLINII ZASIĘGU ZANIECZYSZCZEŃ JAKO ELEMENT
MONITORINGU ŚRODOWISKA WOKÓŁ HUTY MIEDZI
„GŁOGÓW”**

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań monitoringowych było określenie aktualnego stanu środowiska rolniczego znajdującego się w rejonie Huty Miedzi GŁOGÓW oraz wskazanie ewentualnego zagrożenia wynikającego z przemieszczania się metali ciężkich w układzie gleba-roślina. Dla wyznaczenia wstępnej izolinii obszarów o przekroczonych standardach jakości gleb, na omawianym terenie, wytypowano szereg punktów badawczych usytuowanych głównie na obrzeżach byłej strefy ochronnej, ze szczególnym uwzględnieniem dominującego kierunku wiatrów wiejących w tym rejonie. Wyniki badań wskazują, iż zawartość analizowanych pierwiastków śladowych w glebach w dużej mierze uzależniona jest od lokalizacji punktów badawczych względem emitatorów zanieczyszczeń. Podwyższona zawartość miedzi w badanych glebach nie wpływa istotnie na pobór tego pierwiastka przez rośliny uprawiane w najbliższym sąsiedztwie zakładu. Stwierdzone stężenia metali ciężkich w roślinach nie stanowią zatem zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Słowa kluczowe: huta miedzi, metale ciężkie, środowisko rolnicze, gleby, zanieczyszczenie gleb

WSTĘP

Intensywny rozwój przemysłu, wzrastająca liczba składowisk odpadów przemysłowych, a także nieracjonalne i niekontrolowane stosowanie środków ochrony roślin w rolnictwie, w znacznym stopniu przyczyniły się do skażenia środowiska metalami ciężkimi.

* Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska

** Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Rosnąca świadomość ekologiczna zarówno w kraju, jak i na świecie oraz coraz bardziej restrykcyjne prawo ekologiczne, pozwoliły na znaczne ograniczenie emisji metali ciężkich do środowiska naturalnego. Mimo obserwowanego ostatnio znacznego postępu w technologii produkcji metali kolorowych, przemysł hutniczy, w tym także hutnictwo miedziowe nadal uważane jest za jedną z najbardziej uciążliwych działalności przemysłowych, powodującą trwałe naruszenie równowagi chemicznej istniejącej w glebie, wodzie i powietrzu. Niestety, nie ma możliwości pełnej hermetyzacji procesów technologicznych związanych z produkcją metali kolorowych [Orzeł i in. 2009].

Gleba jest jednym z elementów biosfery, najbardziej narażonym na akumulację znacznej ilości zanieczyszczeń. Na terenach zurbanizowanych, czynnikiem wpływającym w istotnym stopniu na właściwości gleb jest działalność człowieka [Potarzycki i in. 1999].

Produkcja rolnicza na obszarach objętych bezpośrednim oddziaływaniem przemysłu miedziowego wymaga stałego monitoringu. Metale ciężkie pochodzące z emitowanych do atmosfery pyłów metalonośnych mogą być nadmiernie deponowane w roślinach uprawnych, następnie w tkankach i narządach zwierząt oraz ludzi, powodując negatywne skutki fizjologiczne i zdrowotne [Dobrzański i in. 2003].

Rozwój hutnictwa miedziowego w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym stał się przyczyną wielu niekontrolowanych zmian w środowisku przyrodniczym, szczególnie w początkowym okresie powstawania kompleksów hutniczych w Legnicy i Głogowie. Emitowane do atmosfery pyły zawierające metale ciężkie: Cu, Pb, Zn, Cd i As oraz gazy: SO₂, CO, NO_x, CS₂ i F, stały się przyczyną degradacji gleb znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie zakładów.

Głównymi pierwiastkami emitowanymi przez Hutę Miedzi GŁOGÓW zanieczyszczającymi badane gleby i rośliny są miedź i ołów. Wpływ cynku, kadmu i arsenu w tym zakresie jest niewielki. W przypadku miedzi i ołowiu widać wyraźny wpływ kierunku, częstotliwości i intensywności wiatrów wiejących w tym rejonie na rozprzestrzenienie się zanieczyszczeń gleb tymi metalami [Przewocka i Rosada 2014].

Skażenie terenów rolniczych metalami ciężkimi w skrajnych przypadkach może doprowadzić do nieodwracalnych zmian w glebie, ponieważ metale, w przeciwieństwie do substancji organicznych, nie ulegają rozkładowi mikrobiologicznemu [Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Gleby na obszarach objętych emisjami hut miedzi są także w dużym stopniu zanieczyszczone związkami siarki. Emisja związków siarki do atmosfery jest jednym z głównych problemów dla terenów rolniczych znajdujących się w zasięgu oddziaływania zakładów hutniczych. Wszystkie emitowane związki siarki ulegają przemianom troposferycznym do trójtlenku siarki (SO₃), który reaguje z parą wodną lub wodą tworząc kwas siarkowy i w postaci kwaśnego opadu lub

opadu suchego działa bezpośrednio szkodliwie na rośliny oraz przyspiesza degradację gleb przez silne ich zakwaszenie. Ekologiczne skutki zakwaszania gleb wiążą się z niekorzystnymi zmianami w chemicznym składzie i biologii gleb, spadkiem i pogorszeniem jakości plonów, skażeniem wód glebowo-gruntowych składnikami wymywanymi z gleb, wzrostem mobilności większości metali ciężkich, a także uruchomieniem innych pierwiastków toksycznych [Grzesiak i wsp. 1997, 2004; Kabata-Pendias i Pendias 1993, Rosada i Grzesiak 2007].

Postępująca degradacja gleb powodowana oddziaływaniem czynników antropogenicznych, a przez to kurczące się w Europie obszary, na których można prowadzić zrównoważoną gospodarkę rolną powodują, że jednym z priorytetów państwa, jak również władz lokalnych, jest dążenie do przywracania terenów uprzemysłowionych do pełnej, bezpiecznej użyteczności rolniczej. Dotyczy to zwłaszcza terenów o żyznych glebach, takich jak np. tereny rolnicze sąsiadujące z Hutą Miedzi GŁOGÓW.

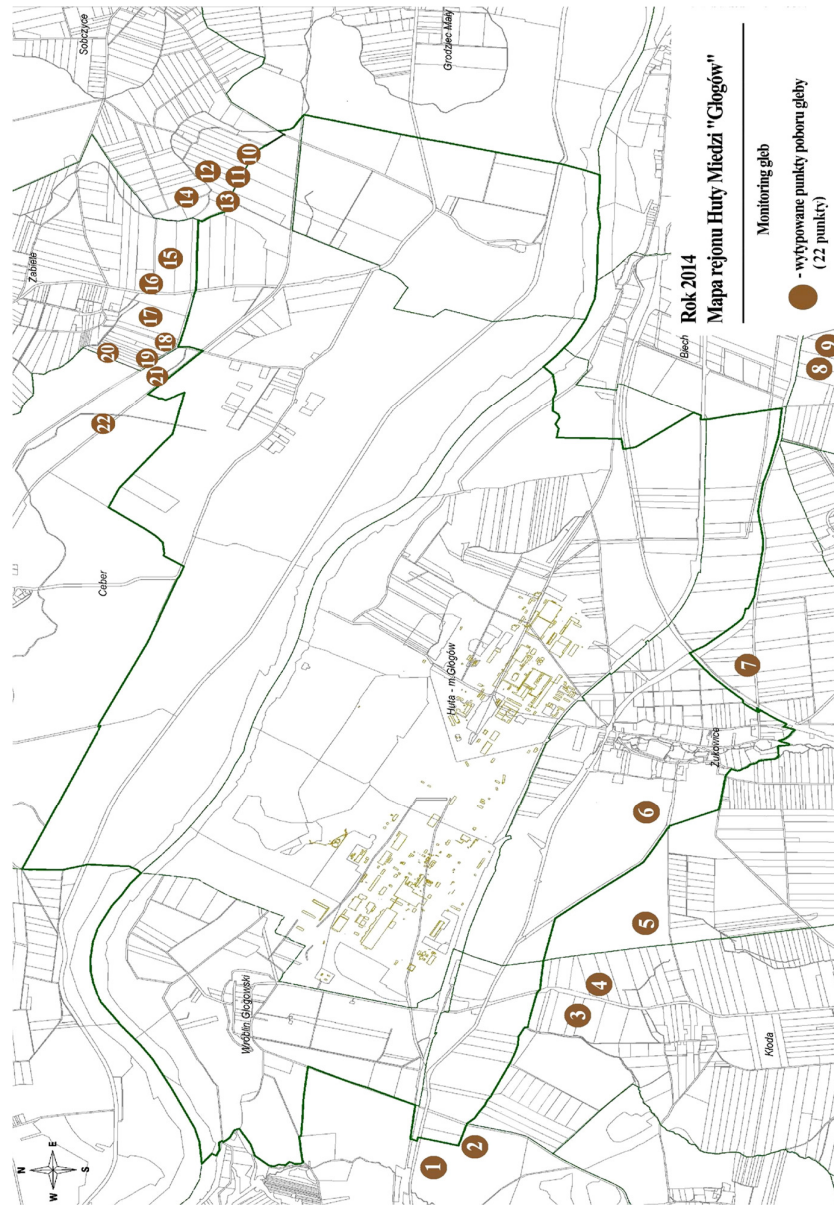
Gleby znajdujące się w południowo-wschodniej części byłej strefy ochronnej to gleby brunatne i płowe użytkowane jako gleby orne, natomiast gleby znajdujące się w północnej części, w rejonie doliny rzeki Odry, to mady właściwe, brunatne i próchniczne, zagospodarowane również jako gleby orne, a w międzywalu rzeki jako użytki zielone [Szerszeń i in.1991].

OBIEKT I ZAKRES BADAŃ

Obiektem badań były tereny rolnicze znajdujące się w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW, która jest jednym z trzech zakładów należących do KGHM Polska Miedź S.A. Zakład ten składa się z dwóch kompleksów hutniczych: Huty Miedzi GŁOGÓW I powstałej w 1971 roku, opartej o technologię produkcji w piecu szybowym oraz z Huty Miedzi GŁOGÓW II uruchomionej w 1978 r., wyposażonej w piec zawieszinowy. Oddział HM GŁOGÓW tworzy jedną z największych hut miedzi na świecie.

Celem badań było wytypowanie wstępnych punktów badawczych, które w przyszłości posłużą do wyznaczenia izolinii obszarów o przekroczonych standardach jakości gleb na omawianym terenie.

Badaniami objęto obszar rolniczy znajdujący się w zasięgu bezpośredniego oddziaływania emisji gazowych i pyłowych pochodzących z zakładu. Na obszarze tym znajdowały się uprawy zbóż, roślin okopowych i przemysłowych. W skład obszaru badawczego wchodziły pola uprawne zlokalizowane na prawo- i lewobrzeżnych terenach Odry, znajdujące się na pograniczu byłej strefy ochronnej Huty – rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja poboru próbek gleb i roślin z rejonu Huty Miedzi GŁOGÓW
 Fig. 1. Sampling location map of area surrounding Copper Smelter GŁOGÓW

METODYKA BADAŃ

Badania referowane w niniejszej pracy prowadzono w roku 2014. Materiał do badań stanowiły próbki gleb i roślin zbożowych (pszenica, żyto, pszenżyto, jęczmień), pobierane do oznaczeń miedzi (Cu) i ołowiu (Pb) oraz do oznaczeń pH badanych gleb. Poboru próbek dokonywano z 22 stałych punktów (powierzchni) badawczych.

Próbki gleb do analiz pobierano w okresie wiosennym, z poziomu orno-próchnicznego (0-30cm), za pomocą świdra mechanicznego. Lokalizację punktów poboru gleb wyznaczono za pomocą GPS. Z każdego punktu badawczego (powierzchni badawczej) pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano jako próbkę średnią.

Wyniki oznaczeń zawartości badanych pierwiastków w analizowanych próbkach glebowych i roślinnych podano w tabelach z uwzględnieniem niepewności pomiaru (właściwy wynik oznaczeń \pm określona wartość niepewności pomiaru wyrażona w mg/kg s.m.).

Oznaczeń badanych pierwiastków dokonano w Laboratorium Analiz Środowiskowych Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Wspomniane Laboratorium posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego Nr AB 1281 Polskiego Centrum Akredytacji.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Wcześniejsze badania prowadzone na terenach rolniczych sąsiadujących z Hutą Miedzi GŁOGÓW wykazały, że tamtejsze gleby należą do czterech kategorii agronomicznych, tj. gleb bardzo lekkich, lekkich, średnich i ciężkich. Gleby te odznaczają się dużym zróżnicowaniem pod względem uziarnienia. Zgodnie z podziałem według PTG 2008, badane gleby należą do trzech grup granulometrycznych (piaski, gliny, pyły). Przeważającymi utworami są tu pyły zlokalizowane na lewobrzeżnym terenie Odry, natomiast na prawobrzeżnej stronie występują mniej liczne utwory piaszczyste i gliniaste. Zawartość węgla organicznego mieści się w granicach od 0,57% do 2,11%, próchnicy od 0,98% do 3,64%, natomiast azotu ogólnego w przedziale między 0,07% a 0,23% [Rosada 2008].

Określenie składu granulometrycznego gleb, zawartości materii organicznej, pojemności sorpcyjnej oraz pH stworzyło możliwość dosyć precyzyjnego przewidywania prawdopodobieństwa uruchomienia metali z kompleksu sorpcyjnego, a także pozwoliło przewidzieć niebezpieczeństwo pobierania ich przez rośliny [Rosada 2006].

Badania prowadzone przez Rosadę [2008] wykazały, że formy analizowanych pierwiastków, oznaczone metodą sekwencyjnej ekstrakcji wg Zeien'a

i Brümmer'a w fazie stałej gleb poddanych stabilizacji chemicznej pH, zależały w dużej mierze od rodzaju pierwiastka, tj. jego właściwości chemicznych, a także od właściwości analizowanej gleby. Ekstrakcja sekwencyjna badanych pierwiastków śladowych z gleb, poddanych procesowi stabilizacji chemicznej pH wykazała znaczny udział Cu, Pb, Zn, Cd i As we frakcjach mało mobilnych, co jest zjawiskiem niezwykle korzystnym z ekologicznego punktu widzenia. Stosowanie wyznaczonej dawki stabilizatora chemicznego ogranicza pobór badanych pierwiastków z kompleksu sorpcyjnego gleb przez system korzeniowy roślin uprawnych, zwiększając tym samym bezpieczeństwo uprawy tych roślin na zanieczyszczonych glebach [Rosada 2008; Rosada i in. 2005; Spychalski i Rosada 2004, 2005; Spychalski i in. 2007; Zeien i Brümmer 1989, 1991]. Zawartość Cu i Pb w badanych glebach, a także wyniki oznaczeń pH gleb przedstawiono w tabeli 1.

Badania wykazały duże zróżnicowanie odczynu analizowanych gleb (pH 4,3-7,1), co oznacza, że w żadnym z punktów nie stwierdzono zasadowego odczynu gleb. Większość gleb posiadała $\text{pH} \geq 6,0$. Gleby o odczynie kwaśnym stwierdzono w 3 punktach badawczych, lekko kwaśnym w 13 punktach, natomiast odczyn obojętny wykazano w 6 punktach.

Stwierdzona duża liczba gleb o odczynie lekko kwaśnym i kwaśnym nie jest zjawiskiem korzystnym w przypadku gleb o zwiększonej koncentracji metali ciężkich. Wskazane jest intensywniejsze ich wapnowanie.

Stosunkowo niskie pH gleb zlokalizowanych w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW nie jest jednak wynikiem emisji SO_2 do atmosfery, ponieważ aktualnie emisje gazowe z Huty zostały ograniczone do minimum. Stopień kwasowości analizowanych gleb jest raczej wynikiem intensywnie prowadzonej gospodarki rolnej w tym rejonie i związaną z tym naturalną tendencją gleb do zakwaszania.

Zintensyfikowanie wapnowania gruntów w tym rejonie przez lokalnych rolników z pewnością przyczyni się do zwiększenia udziału gleb o odczynie obojętnym i zasadowym. Stabilizacja odczynu gleb będąca wynikiem procesu wapnowania została potwierdzona w badaniach prowadzonych w tym rejonie w latach 2002-2006 przez Rosadę [2008]. Badania te wykazały, iż w wyniku wapnowania udział gleb o odczynie zasadowym, obojętnym i lekko kwaśnym wynosił 88%, a tylko 12% stanowiły gleby kwaśne i bardzo kwaśne.

Podwyższenie pH gleb wpływa na polepszenie właściwości chemicznych i fizycznych gleb oraz zmniejsza ryzyko przedostania się nagromadzonych w nich toksycznych pierwiastków do wód gruntowych i łańcucha pokarmowego. W przypadku gleb posiadających odczyn zasadowy lub obojętny, ryzyko uruchomienia metali ulega minimalizacji na skutek związania ich w kompleksie sorpcyjnym (nie przedostają się one z fazy stałej gleby do roztworu glebowego).

Tab. 1. Odczyn gleby (pH) oraz zawartość miedzi i ołowiu w próbkach glebowych pobranych pod koniec kwietnia i na początku maja 2014

Tab. 1. The content of Cu, Pb and the pH of soils samples collected at the end of April and beginning of May 2014

Numer punktu	Rodzaj uprawy w miejscu poboru gleby	pH	Zawartość całkowita pierwiastków [mg/kg s.m.]	
			Cu	Pb
1	pszenica jara	6,7	110 ± 12	39,8 ± 8,9
2	pszenica jara	6,2	113 ± 13	39,7 ± 8,9
3	pszenica jara	6,5	109 ± 12	35,4 ± 7,9
4	pszenżyto	6,3	137 ± 15	48 ± 11
5	pszenica ozima	6,0	153 ± 17*	57 ± 13
6	pszenica ozima	5,9	146 ± 16	55 ± 12
7	pszenica ozima	6,7	167 ± 19*	59 ± 13
8	pszenica ozima	5,9	110 ± 12	45 ± 10
9	pszenica ozima	5,8	107 ± 12	45 ± 10
10	pszenica ozima	6,2	113 ± 13	47 ± 11
11	pszenżyto	4,3	117 ± 13	50 ± 11
12	pszenica jara	5,0	193 ± 22*	73 ± 16
13	pszenica jara	6,2	155 ± 17*	56 ± 13
14	pszenica ozima	5,9	123 ± 14	47 ± 11
15	pszenica jara	6,7	165 ± 18*	71 ± 16
16	pszenica jara	6,3	128 ± 14	58 ± 13
17	pszenica ozima	6,1	126 ± 14	53 ± 12
18	pszenica ozima	7,1	176 ± 20*	71 ± 16
19	pszenica ozima	5,8	165 ± 18*	65 ± 15
20	pszenica ozima	6,7	186 ± 21*	77 ± 17
21	pszenica jara	5,0	158 ± 18*	58 ± 13
22	pszenica jara	6,8	97 ± 11	37,6 ± 8,4

* Przekroczone dopuszczalne zawartości miedzi i ołowiu w glebach, według obowiązujących norm

Oceny jakości gleb pod względem zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb) dokonano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, Poz.1359).

Wyniki badań dotyczące udziału Cu w badanych glebach wykazały, w kilku próbkach, przekroczenie dopuszczalnego stężenia dla tego pierwiastka (>150 mg/ kg s.m) - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości miedzi w glebie, w dziewięciu punktach badawczych: nr 21, 32, 78,

79, 92, 105, 110, 113, 117. Zawartości miedzi w próbkach glebowych, w których stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej normy wahały się w granicach od 153 ± 17 mg/kg s.m. do 193 ± 22 mg/kg s.m.

Przekraczając normę zawartość Cu stwierdzono przede wszystkim w punktach badawczych usytuowanych na prawobrzeżnych terenach rzeki Odry, co może być rezultatem niekorzystnego wpływu wiatrów wiejących w tym rejonie, przenoszących emitowany pył metalurgiczny. Ze względu na częstotliwość tych wiatrów zanieczyszczenie gleb jest większe na kierunku północno-wschodnim i wschodnim.

Punkty badawcze w których stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości miedzi w badanych glebach dotyczą głównie powierzchni badawczych zlokalizowanych przy granicy byłej strefy ochronnej. Obserwowane zanieczyszczenia są wynikiem silnej kumulacji badanych pierwiastków w środowisku glebowym w początkowym okresie działalności zakładu (okres wzmożonej emisji pyłów metalonośnych). Wielkość bieżącej emisji Huty nie wpływa istotnie na zmianę stopnia zanieczyszczenia warstwy ornej badanych gleb [Rosada 2008].

Zawartość Pb we wszystkich analizowanych próbkach gleby mieściła się w granicach dopuszczalnej normy dla tego pierwiastka >100 mg/kg s.m. – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165, Poz.1359). Badania wykazały, że zawartość analizowanych pierwiastków śladowych w glebach w dużej mierze uzależniona jest od lokalizacji punktów badawczych względem emitatorów zanieczyszczeń.

Zawartość Cu i Pb w badanych roślinach (całe rośliny, ziarno) przedstawiono w tabeli 2.

Badania prowadzone w 2014 wykazały, iż mimo wysokiej zawartości miedzi w glebach znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW, pobór tego pierwiastka przez rośliny jest ograniczony. Zawartość Cu w całych roślinach wahała się w granicach od $16,1 \pm 4,1$ do 323 ± 82 , w ziarnie od $5,2 \pm 1,3$ do $9,4 \pm 2,4$. Wyższe zawartości Cu stwierdzono w pszenicy ($8,5 \pm 2,2$ - $9,4 \pm 2,4$) niż w pszenicy ozimej ($5,5 \pm 1,4$ - $7,3 \pm 1,9$) i pszenicy jarej ($5,2 \pm 1,37$ - $9 \pm 2,0$), co może być istotnym czynnikiem wpływającym na wybór uprawy przez rolników w przyszłości. Zawartość Cu w ziarnie nie przekraczała dopuszczalnej normy 25 mg/kg s.m – Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003. Zawartość miedzi w ziarnach zbóż była nieco wyższa niż w badaniach przeprowadzonych przez Rosadę w latach 2002-2006 gdzie wartość Cu wahała się od 4,1 do 5,4 mg/kg s.m oraz tych przeprowadzonych w latach 2009-2010 ($5,3$ - $5,8$), natomiast niższa niż w początkowych latach działalności zakładu ($9,3$ - $13,1$).

Tab 2. Zawartość miedzi i ołowiu [mg/kg s.m.] w próbkach roślin zbożowych pobranych wiosną - w kwietniu i maju oraz latem – w lipcu 2014

Tab. 2. The content of Cu, Pb [mg/kg s.m.] in soils samples collected in the spring – April and May, also in the summer – in July 2014

Numer punktu	Rodzaj uprawy	Wiosna		Lato - okres zbiorów	
		całe rośliny		ziarno	
		Cu	Pb	Cu	Pb
1	pszenica jara	25,1±6,4	5,6±1,5	6,7±1,7	<0,5
2	pszenica jara	35,4±9,0	7,6±2,1	5,4±1,4	0,61±0,17
3	pszenica jara	27,3±7,0	15,3±4,2	6,6±1,4	<0,5
4	pszenżyto	29,2±7,5	13,8±3,8	8,5±2,2	<0,5
5	pszenica ozima	29,2±7,4	16,4±4,5	6,2±1,6	<0,5
6	pszenica ozima	28,4±7,2	19,5±5,4	6,3±1,6	<0,5
7	pszenica ozima	17,6±4,5	3,9±1,1	6,3±1,6	<0,5
8	pszenica ozima	205±52	3,03±0,84	5,8±1,5	<0,5
9	pszenica ozima	78±20	2,33±0,65	5,5±1,4	<0,5
10	pszenica ozima	16,1±4,1	1,39±0,38	6,6±1,7	<0,5
11	pszenżyto	58±15	1,79±0,49	9,4±2,4	<0,5
12	pszenica jara	23,8±6,1	1,34±0,37	6,6±1,7	<0,5
13	pszenica jara	270±69	2,56±0,71	7,9±2,0	<0,5
14	pszenica ozima	32,4±8,3	1,86±0,51	7,3±1,9	<0,5
15	pszenica jara	65±16	1,34±0,37	5,2±1,3	<0,5
16	pszenica jara	66±17	1,64±0,45	6,5±1,7	<0,5
17	pszenica ozima	323±82	1,80±0,50	6,9±1,8	<0,5
18	pszenica ozima	57±15	1,63±0,45	6,4±1,6	<0,5
19	pszenica ozima	192±49	1,73±0,48	5,5±1,4	<0,5
20	pszenica ozima	125±32	2,93±0,81	6,5±1,7	<0,5
21	pszenica jara	167±43	1,45±0,40	7,6±1,9	<0,5
22	pszenica jara	272±69	2,24±0,62	5,6±1,4	<0,5

Zawartość ołowiu w całych roślinach waha się w granicach od 1,34±0,37 do 19,5±5,4, a w ziarnie od <0,5 do 0,61±0,17, czyli przekracza dopuszczalną

normę 0,2 mg/kg s.m – Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003.

Miedź w porównaniu z innymi pierwiastkami jest mało ruchliwa w roślinach. Największe jej ilości zarówno przy niedoborze jak i nadmiarze są zatrzymywane głównie przez system korzeniowy roślin, na skutek czego metal ten nie przechodzi do części generatywnych rośliny. Znaczne zanieczyszczenie roślin miedzią następuje natomiast przez pobór organami zewnętrznymi bezpośrednio z powietrza [Rosada i in. 2011].

W glebach o wysokich wartościach pH, występuje mała ruchliwość kationowych form miedzi, przez co staje się ona mniej dostępna dla roślin. Natomiast przy odczynie kwaśnym gleb często następuje uruchomienie Cu [Kabata-Pendias i Pendias 1993].

Zawartość miedzi w glebie uzależniona jest w znacznym stopniu od składu granulometrycznego i rodzaju gleby. Badania prowadzone przez Rosadę [2008] wykazały, iż gleby znajdujące się w najbliższym rejonie Huty są bardzo zróżnicowane pod względem uziarnienia. Zaliczane są do trzech grup granulometrycznych: piasków, gliny i pyłów, w obrębie których wyszczególniono 9 podgrup: piasek, piasek słabo gliniasty, piasek gliniasty, glinę piaszczystą, glinę, glinę lekką, glinę średnią, glinę ciężką oraz pył piaszczysty [Rosada 2008].

Miedź pełni rolę mikroelementu, dlatego pewne jej ilości w glebach są niezbędne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. W porównaniu z innymi metami śladowymi miedź jest mało ruchliwa w roślinach. Rośliny pobierają miedź zarówno w sposób aktywny (związany z procesami metabolicznymi), jak i bierny (łącznie z transpiracyjnym przepływem wody). Ilość miedzi pobieranej przez rośliny wyższe jest proporcjonalna do jej zawartości w glebie, a intensywność jej pobierania przez rośliny zależy w dużym stopniu od form, w jakich ten metal w glebach występuje. Miedź występująca w glebach, a pochodząca ze źródeł antropogenicznych jest łatwiej pobierana przez rośliny niż miedź pochodząca ze źródeł naturalnych [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Maskall i Thornton 1998; Pacyna 1987; Rosada 2008; Rosada i in.2011; Ross 1994].

Ołów jest metalem ciężkim stanowiącym duże zagrożenie ekologiczne. Obecność ołowiu w środowisku (niezależnie od jego zawartości) z reguły stwarza potencjalne zagrożenie zarówno dla roślin, jak i organizmów zwierzęcych. Szkodliwy wpływ ołowiu na rośliny polega głównie na zaburzeniu procesu fotosyntezy oraz zakłóceniu podziału komórek i gospodarki wodnej [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Rosada 2008].

Pobieranie ołowiu przez korzenie roślin jest procesem biernym i proporcjonalnym do stężenia rozpuszczalnych form tego pierwiastka w glebie. Ołów gromadzi się w znacznie większych ilościach w korzeniach niż w częściach nadziemnych roślin. Jest to związane ze stosunkowo słabym przemieszczaniem tego pierwiastka w roślinach. Intensywność pobierania ołowiu z gleby zależy od

właściwości roślin oraz od właściwości gleb [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Rosada 2008].

WNIOSKI

1. Zawartość analizowanych metali ciężkich Cu i Pb w glebach objętych oddziaływaniem emisji Huty Miedzi GŁOGÓW zależy od usytuowania pól uprawnych względem emitorów zanieczyszczeń i jest wynikiem silnej kumulacji badanych pierwiastków z okresu wzmożonej emisji w początkowych latach istnienia zakładu.
2. Badania wykazały duże zróżnicowanie odczynu analizowanych gleb (pH 4,3-7,1), przy czym przeważająca liczba badanych gleb posiadała odczyn lekko kwaśny i kwaśny. Stosunkowo niskie pH badanych gleb może być wynikiem nieprawidłowo przeprowadzonych zabiegów agrotechnicznych, zwłaszcza niesystematycznego wapnowania gleb.
3. Nie stwierdzono fitotoksycznego oddziaływania metali ciężkich nagromadzonych w glebie oraz pochodzących z bieżącej emisji Huty Miedzi GŁOGÓW na badane rośliny zbożowe uprawiane na pograniczu byłej strefy ochronnej zakładu.
4. Ograniczony pobór miedzi i ołowiu z gleb przez zboża może świadczyć o małej mobilności oraz silnym związaniu tych pierwiastków w kompleksie sorpcyjnym gleb.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone we wcześniejszych latach badania na obszarach rolniczych wokół Huty Miedzi GŁOGÓW obejmowały głównie tereny należące do byłej strefy ochronnej, oraz tereny zlokalizowane na prawo- i lewobrzeżnych terenach rzeki Odry. Dzięki nim stworzono obszerną bazę danych, która stała się punktem wyjścia do opracowania skutecznych metod rekultywacji oraz monitoringu obszaru będącego w najbliższym sąsiedztwie zakładu. Obecnie prowadzone badania staną się integralnym uzupełnieniem dotychczasowych prac i pozwolą na określenie następczego efektu emisji pochodzących z początkowych lat funkcjonowania Huty (lata 70. i 80. XX w.) na aktualny stan środowiska rolniczego sąsiadującego z zakładem. Umożliwią także prawidłową ocenę lokalnej zmienności zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi jako elementu strefowania użytkowanych rolniczo obszarów w rejonie zakładu.

LITERATURA

1. DOBRZAŃSKI Z., KOŁACZ R., GÓRECKA H., MALARZ W., RUDNICKA A., 2003. Wpływ przemysłu miedziowego na zawartość miedzi, ołowiu i cynku w roślinach paszowych. *Acta Agrophysica*, 1 (2): 233-238.
2. GRZESIAK P., SCHROEDER G., HOPKE W., 1997. Degradation of the natural environment resulting from the presence of sulfur compounds in the atmosphere. *Pol. J. Environ. Stud.* 4: 45-48.
3. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa.
4. MASKALL J.E., THORNTON I., 1998. Chemical partitioning of heavy metals in soils, clays and rocks at historical lead smelting sites. *Water Air Soil Pollut.* 108 (3/4): 391-409.
5. ORZEŁ D., BRONKOWSKA M., FIGURSKA-CIURA D., STYCZYŃSKA M., WYKA J., ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA A., BIERNAT J., 2010. Ocena zanieczyszczenia łożem produktów roślinnych z rejonu Legnicko-Głogowskiego. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLIII, 1: 79-85
6. PACYNA J.M., 1987. Atmospheric emissions of arsenic, cadmium, lead and mercury from high temperature processes in power generation and industry. 69-87. [W:] *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment* (Hutchinson T.C., Mearns K.M., red.). *Scope* 31, J. Wiley, New York.
7. POTARZYCKI J., GRZEBISZ W., APOLINARSKA K., BŁOCHOWIAK A., 1999. Stan geochemiczny gleb i jakość pszenicy ozimej uprawianej na terenie miasta Poznania. *Roczniki AR w Poznaniu CCCX, Melior. Inż. Środ.* 20, cz.I: 87-93
8. PRZEWOCKA M., ROSADA J., 2014. Ocena stopnia zanieczyszczeń gleb na pograniczu byłej strefy ochronnej Huty Miedzi „Głogów”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska*, nr 154 (34), 45-54
9. ROSADA J., GRZESIAK J., GRZESIAK P., SCHROEDER G., ORLIČKA A., RATAJCZAK J., RISSMANN I., 2005. The Application of AAS and ICP Techniques for the Speciation of Trace Metals Insulated by Sequential Chemical Extraction. [In:] *Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P.* (eds), *Development in Production and Use of New Agrochemicals, Chemistry for Agriculture, Czech-Pol-Trade, Prague-Brussels*, 6, 464-477.
10. ROSADA J., 2006. Factors Influencing the Uptake of Heavy Metals by Crops Plants in the Region of Industrial Emissions. [In:] *Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P.* (eds), *Chemistry and Biochemistry in the Agricultural Production, Environment Protection, Human and Animal Health, Chemistry for Agriculture, Czech-Pol-Trade, Prague-Brussels*, 7, 589-591.

11. ROSADA J., GRZESIAK J., 2007. Ocena dostępności metali ciężkich występujących w glebach zanieczyszczonych emisjami Huty Miedzi GŁOGÓW. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin.* 47, 4, 91–94.
12. ROSADA J., 2008. Stan środowiska rolniczego w rejonie oddziaływania emisji Huty Miedzi GŁOGÓW. *Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego.* Zeszyt 19.
13. ROSADA J., DOPIERAŁA U., ŁUKASZYK J., 2011. Wpływ ograniczenia emisji pyłowej Huty Miedzi „Głogów” na zawartość miedzi w zbożach i kondycję roślin. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 51 (1) 2011.
14. ROSS S.M., 1994. *Toxic metals in soil-plant system.* John Wiley and Sons Ltd.(red.), London, 152 ss.
15. SPYCHALSKI W., ROSADA J., 2004. Copper and Lead Fractions in Soils from the Emission Zone of the “Głogów” Copper Smelter. [in:] Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P., (eds). *New Agrochemicals and their Safe Use for Health and Environment, Chemistry for Agriculture, Czech–Pol–Trade, Prague–Brussels*, 5, 332–338.
16. SPYCHALSKI W., ROSADA J., 2005. Zinc in Soils from the Emission Zone of the „Głogów” Copper Smelter and their Speciation by Sequential Extraction. [in:] Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P., (eds), *Development in Production and Use of New Agrochemicals, Chemistry for Agriculture, Czech–Pol–Trade, Prague–Brussels*, 6, 484–489.
17. SPYCHALSKI W., DRZYMAŁA S., ROSADA J., 2007. Exchangeable forms of Cu, Zn and Pb in some soils subjected to the GŁOGÓW Copper Smelter activity. [in:] Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P., (eds), *Chemicals in Agriculture and Environment, Chemistry for Agriculture, Czech–Pol–Trade, Prague–Brussels*, 8, 238–241.
18. SZERSZEŃ L., KARCZEWSKA A., ROSZYK E., CHODAK T., 1991. Rozmieszczenie Cu, Pb i Zn w profilach gleb przyległych do Hut Miedzi. *Roczniki Gleboznawcze T.XLII*, nr 3/4, Warszawa: 199-206.
19. ZEIEN H., BRÜMMER G.W., 1989. Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesellsch.* 59 (1), 505–510.
20. ZEIEN H., BRÜMMER G.W., 1991. Ermittlung der Mobilität und Bindungsformen von Schwermetallen in Boden mittels Sequentieller Extraktionen. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesellsch.* 66 (1), 439–442.

MONITORING OF AGRICULTURAL ENVIRONMENT CONDITION ON THE PERIPHERIES OF FORMER PROTECTION ZONE OF THE COPPER SMELTER „GŁOGÓW”

S u m m a r y

The mining and metallurgical activity in the Legnica-Głogów Industrial District, resulting from the presence of rich deposits of copper ore, caused significant environmental pollution with heavy metals. Copper Smelter GŁOGÓW located at a distance of 7 km northwest from the Głogów city, being one of the biggest industrial plants in the area, significantly supported the economic development of the region, but also contributed to a number of unfavourable changes in the natural environment. Heavy metals from the metallurgical dust emitted into the atmosphere negatively affect all elements of the environment, but the longest lasting effects, as a result of accumulation, occur in soils. Metals accumulated in soils are a threat to the arable crops in the region. The problem of heavy metals presence in soil-plant system is very complex and shows a significant variation resulting from the properties of soils and the way of their utilization. In the early years of Copper Smelter GŁOGÓW operation dust emissions were very high, that led to the accumulation of heavy metals in the agricultural environment adjacent to the plant. However, in the last quarter of the century, thanks to the constant modernization of production technology and the introduction of modern dedusting system, dust emissions were substantially reduced. This does not change the fact that heavy metals that got into soils in excessive amounts in the early years of the plant operation, are there until now. For this reason, constant and systematic research is the only effective method that helps to predict the effects of adverse changes in the environment. The aim of conducted monitoring studies was to determine the current state of the agricultural environment located in the area of Copper Smelter GŁOGÓW and to show possible risks arising from the movement of heavy metals in soil-plant system. In order to indicate initial isoline of areas where quality standards were exceeded, on the discussed area a number of new research points were determined, located mainly on the outskirts of the former protection zone, with particular emphasis on the dominant winds in this area. These studies will become an important complement to existing work on the assessment of the local variability of soils and plants pollution with heavy metals in the area covered by Smelter emissions.

Key words: copper smelter, heavy metals, agricultural environment, soils, pollution