

JANUSZ ROSADA^{*}, MARTA PRZEWOCKA^{**}

**ZAWARTOŚĆ MIEDZI, OŁOWIU I KADMU W GLEBACH
I ROŚLINACH UPRAWIANYCH W POBLIŻU
HUTY MIEDZI „GŁOGÓW”**

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było dokonanie fito- i ekotoksykologicznej oceny terenów znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW. W badaniach określono zawartość miedzi, ołowiu i kadmu w glebach oraz ich wpływ na uprawę roślin zbożowych. Łącznie wyznaczono 10 punktów (powierzchni) badawczych, z których pobrano próbki gleb i roślin. Wyboru punktów dokonano w oparciu o trzy aspekty: usytuowanie punktów względem emitorów zanieczyszczeń, poziom zanieczyszczenia gleb, a także reprezentatywność punktów w stosunku do badanych obszarów. Podwyższony poziom metali ciężkich, zwłaszcza Cu, stwierdzony w glebach zlokalizowanych na pograniczu byłej strefy ochronnej nie wpływa na kondycję roślin uprawianych w tym rejonie. Stężenia metali ciężkich oznaczone w badanych roślinach mimo podwyższonych zawartości Pb w ziarnie, nie stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt, pod warunkiem stałej kontroli i odpowiedniego ich przeznaczenia.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, zanieczyszczenia gleb, zanieczyszczenia zbóż

WSTĘP

Zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi stanowi poważny problem ekologiczny w większości krajów uprzemysłowionych. Zwiększone zawartości metali ciężkich w glebach stwarzają potencjalne niebezpieczeństwo włączenia ich do łańcucha troficznego ekosystemu, przez co pierwiastki te mogą w bezpośredni lub pośredni sposób zagrażać roślinom, zwierzętom i ludziom.

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

^{**} Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Z punktu widzenia biochemicznego metale ciężkie można podzielić na dwie grupy [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Rosada 2008; Zajac, Szyszlak-Bargłowicz 2011]:

- pierwiastki niezbędne do prawidłowego przebiegu procesów metabolicznych (mikroelementy np. miedź (Cu), żelazo (Fe), mangan (Mn), cyna (Sn), cynk (Zn), kobalt (Co), chrom (Cr), selen (Se), wanad (V) oraz makroelementy np. magnez (Mg) – ich niedobór może ograniczać wzrost i rozwój organizmów żywych;
- pierwiastki toksyczne dla organizmów żywych np. ołów (Pb), rtęć (Hg), kadm (Cd) – ich obecność w środowisku, niezależnie od stężenia, jest zawsze szkodliwa.

Pojęcie trucizny oraz pierwiastka niezbędnego w procesach metabolicznych jest pojęciem względnym i zależy od stopnia jego nagromadzenia w środowisku. Nawet pierwiastki potrzebne do prawidłowego funkcjonowania większości organizmów żywych mogą stać się niebezpiecznymi truciznami, gdy występują w nadmiarze. Podwyższona zawartość zarówno potrzebnych, jak i zbędnych składników w glebie z reguły prowadzi do zakłócenia metabolizmu. Przede wszystkim może znacznie ograniczać szybkość wzrostu roślin oraz wpływać na niską produkcję biomasy. Przy bardzo dużych zawartościach metali ciężkich w glebie może dojść do zamierania roślin [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Rosada 2008; Zajac, Szyszlak-Bargłowicz 2011].

Kadm należy do metali ciężkich niezwykle groźnych i uciążliwych dla środowiska. Głównymi źródłami emisji tego pierwiastka są procesy spalania wykorzystywane w takich dziedzinach gospodarki jak sektor przemysłowy, mieszkaniowy i komunalny [Kaczyńska i in. 2015]. Wysoki współczynnik bioakumulacji Cd, łatwość migracji z gleb do wód gruntowych i podziemnych sprawiają, że może on być bardzo łatwo włączony do łańcucha pokarmowego. W glebach o odczynie kwaśnym kadm jest niezwykle mobilny (Rosada 2008). W organizmach ludzi i zwierząt najczęściej powoduje nowotwory, uszkodzenie wątroby, nerek, płuc i osteoporozę. Mimo, że dla rozwoju roślin kadm jest zbędny, to pobierany przez systemy korzeniowe i liście powoduje znaczne obniżenie efektywności procesu fotosyntezy, wytwarzania tlenu, hamowanie podziałów komórek oraz zmiany funkcji błon komórkowych [Kaczyńska i in. 2015]. Kadm często gromadzony jest w biomasie roślin w ilościach wyższych niż w glebie, co znacznie zwiększa prawdopodobieństwo włączenia go do łańcucha pokarmowego [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Rosada 2008].

Ołów zaliczany do szczególnie toksycznych metali, najczęściej przedostaje się do środowiska w wyniku emisji pyłów fabrycznych i nieodpowiedniego zagospodarowania odpadów przemysłowych. W glebie najczęściej kumulują się w warstwie powierzchniowej (0-20 cm), co powiązane jest z jego małą ruchliwością w tym środowisku [Staniak 2014]. Ołów w organizmach ludzi i zwierząt ulega kumulacji, szybko przenika z przewodu pokarmowego, łatwo przekracza

bariery biologiczne, powodując różne schorzenia układu sercowo- naczyniowego, nerwowego i nerek [Orzeł i in. 2010]. W roślinach wpływa na zaburzenie procesów fotosyntezy, gospodarki wodnej, a także na zakłócenie podziału komórek [Rosada i Przewocka 2015].

Miedź pełni rolę mikroelementu dla ludzi, zwierząt i roślin, dlatego pewne jej ilości są niezbędne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju. W glebach o wysokich wartościach pH występuje mała ruchliwość kationowych form miedzi, przez co staje się ona mniej dostępna dla roślin. Kwaśny odczyn gleb często sprzyja jej uruchomieniu [Kabata- Pendias i Pendias 1993]. 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. [Rosada i in. 2011]. W organizmach ludzi i zwierząt nadmiar Cu może wywoływać niekorzystne zmiany w wątrobie, nerkach oraz w sercu. W roślinach z kolei powoduje obniżenie biosyntezy chlorofilu [Zajac i Szyszlak-Bargłowicz 2011].

Celem podjętych badań była analiza zawartości i stopnia poboru Cu, Pb i Cd przez rośliny w warunkach zróżnicowanego odczynu oraz ilości metali skumulowanych w glebach.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Obiektem badań były tereny rolnicze znajdujące się w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW. Badaniami objęto obszar rolniczy znajdujący się w zasięgu bezpośredniego oddziaływania emisji gazowych i pyłowych pochodzących z zakładu. Na obszarze tym znajdowały się uprawy następujących zbóż: pszenica jara, pszenica ozima, pszenica ostka i żyto. W skład obszaru badawczego wchodziły pola uprawne zlokalizowane na prawo- i lewobrzeżnych terenach Odry, znajdujące się na pograniczu byłej strefy ochronnej Huty. Teren badawczy, z którego pobrano materiał do analiz obejmował miejscowości wymienione w tabeli nr. 1. Badania referowane w pracy prowadzono w roku 2015. Materiał do badań stanowiły próbki gleb i roślin zbożowych, pobierane do oznaczeń miedzi (Cu), kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) oraz do oznaczeń pH badanych gleb. Poboru próbek dokonywano z 10 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 i przedstawiono na rys. 1. Z każdego punktu badawczego (powierzchni badawczej) pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano, jako próbkę średnią. W tych samych punktach, w których pobierano materiał glebowy, pobrano również próbki roślin. Próbki roślinne do oznaczeń całkowitej zawartości metali ciężkich

pobierano w okresie dojrzałości użytkowej roślin. W pracy wykorzystano wyniki oznaczeń dotyczące wyłącznie zawartości Cu, Pb i Cd w ziarnie zbóż. Wyniki oznaczeń zawartości badanych pierwiastków w analizowanych próbkach glebowych i roślinnych podano z uwzględnieniem niepewności pomiaru (właściwy wynik oznaczeń \pm określona wartość niepewności pomiaru wyrażona w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.).

Wyniki oznaczeń zawartości badanych pierwiastków w analizowanych próbkach glebowych i roślinnych podano w tabelach nr 2 i 3. Miejsce poboru oraz rodzaj prowadzonej uprawy przedstawiono w tabeli nr 1.

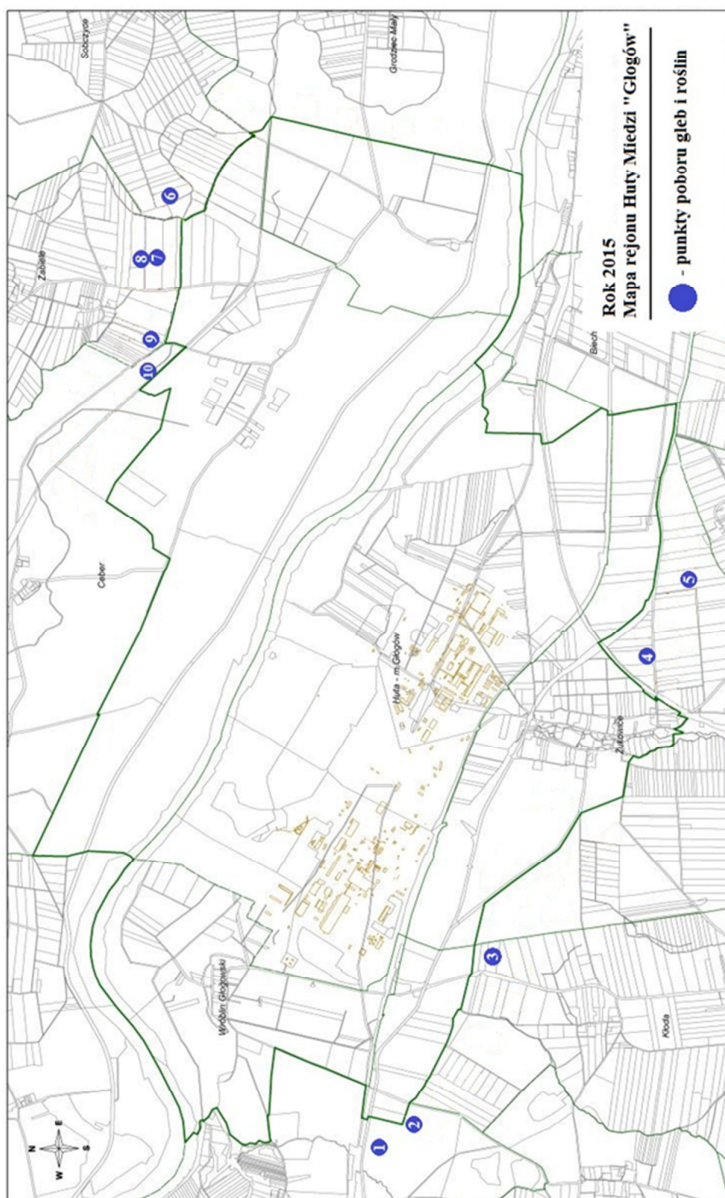
*Tab. 1. Miejsca poboru gleb i roślin oraz gatunki występujących w nich zbóż
Tab. 1. Soils and plants sampling localizations and types of occurring in them cereals*

Nr punktu Point number	Miejscowość Locality	Gatunek zboża Cereal species
1	Brzeg Głogowski	żyto ozime – winter rye
2	Brzeg Głogowski	pszenica ozima – winter wheat
3	Kłoda	pszenica ostka – winter wheat Bristlecone
4	Żukowice	pszenica jara – spring wheat
5	Żukowice	pszenica jara – spring wheat
6	Sobczyce	pszenica jara – spring wheat
7	Zabiele	pszenica ostka – winter wheat Bristlecone
8	Ceber	pszenica jara – spring wheat
9	Ceber	pszenica jara – spring wheat
10	Ceber	pszenica jara – spring wheat

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Badania wykazały, że w próbkach gleb pobranych w 10 punktach badawczych wartość pH wahała się pomiędzy 5,8 a 7,3. Większość gleb posiadała $\text{pH} \geq 5,6$. Gleby o odczynie lekko kwaśnym występowały w sześciu punktach, o odczynie obojętnym w trzech punktach, a o odczynie zasadowym w jednym punkcie.

Większość gleb (60%) zlokalizowanych przy granicy byłej strefy ochronnej posiada odczyn lekko kwaśny. Wpływa to na zwiększenie stopnia zagrożenia ekologicznego, ponieważ metale zgromadzone w fazie stałej gleby mogą zostać uruchomione i przedostać się do roztworu glebowego.



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

Może to doprowadzić do włączenie ich do łańcucha troficznego ekosystemu [Kaszubkiewicz i Kawałko 2009; Rosada i Przewocka 2015].

Oceny jakości gleb pod względem zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb) i kadmu (Cd) 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, że w kilku próbkach dopuszczalne stężenie tego pierwiastka zostało przekroczone ($>150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.

Zawartości miedzi w próbkach glebowych, w których stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej normy wahała się w granicach od $159,71\pm 18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$. do $267,62\pm 30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$ i dotyczyły 6 punktów w takich miejscowościach jak Kłoda, Żukowice, Zabiele i Ceber. W punktach tych występowała uprawa pszenicy jarej i pszenicy ostki. Średnia zawartość Cu w glebach wynosiła $168,99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$. Mediana zawartości miedzi oscylowała w granicach $162,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$.

Zawartość Pb w jednym punkcie badawczym przekroczyła dopuszczalną normę dla tego pierwiastka $>100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$. – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. 2002 165 1359). Dotyczyło to punktu nr 8 w miejscowości Ceber, w którym poziom ołowiu w glebie wynosił $102,15\pm 23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$. W punkcie tym znajdowała się uprawa pszenicy jarej. Średnia zawartość Pb w badanych glebach wynosiła $64,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$., natomiast mediana zawartości tego pierwiastka $61,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m}$.

Tab. 2. Parametry charakteryzujące pH oraz zawartość miedzi, ołowiu i kadmu w glebie

Tab.2. The parameters characterizing the pH and the content of copper, lead and cadmium in the soil

badano w - tested in	Gleba - soil			
parametr - parameter	pH	Cu	Pb	Cd
średnia - average	6,4	169	64	0,25
odch. stand. - standard deviation	0,5	51	18	0,08
minimum	5,8	90	37	0,13
maksimum - maximum	7,3	268	102	0,38
mediana - median	6,2	163	61	0,25
wsp. zmienności - coefficient of variation	8%	30%	28%	31%

Badania dotyczące zawartości Cd wykazały, że zawartość tego pierwiastka we wszystkich punktach badawczych była niższa od obowiązującej normy < 4

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002r. (Dz.U. 2002.165.1359). Zawartość Cd oscylowała w granicach od $0,129\pm 0,024$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m do $0,384\pm 0,072$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość Cd w glebie wynosiła $0,25$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., a mediana zawartości $0,25$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Wartość współczynnika zmienności dla Cu, Pb i Cd była bardzo zbliżona i wynosiła 31% Cd > 30% Cu > 28% Pb.

Ocenę jakości ziarna zbóż, pod względem zawartości ołowiu, dokonano w oparciu o wartości krytyczne wg Rozporządzenia Komisji (WE) Nr 1881/2006 (Dziennik Urzędowy UE 2006) – wartość krytyczna Pb w odniesieniu do ziarna pszenicy wynosi $0,20$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m). W przypadku miedzi, uznawanej za mikroelement, aktualne akty prawne nie wyznaczają norm zawartości dla tego pierwiastka. Dla celów porównawczych, dokonano również oceny zawartości metali ciężkich na podstawie nieobowiązujących już norm wg. IUNG-PIB dla przydatności konsumpcyjnej roślin, które przedstawiają się następująco: Cu (ziarno) $20,0$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m, Pb (ziarno) $1,0$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m [Kabata-Pendias i inni 1993].

Zawartość Cu w badanych próbkach ziarna mieściła się w granicach od $6,7$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m do $11,5$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Mediana zawartości Cu wynosiła $8,9$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m, a średnia zawartość $8,68$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Współczynnik zmienności wyniósł natomiast 19% .

Badania prowadzone przez Orła i współautorów w 2005 roku wykazały zawartość Cu w ziarnie zbóż mieszczącą się w przedziale od $4,65$ do $6,64$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w produktach pochodzących z upraw w okolic Huty Miedzi LEGNICA, natomiast badania prowadzone przez Rosadę w latach 2002-2006 [Rosada 2008] wykazały, że średnia zawartość miedzi w zbożach wynosiła $4,1$ - $5,4$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Biorąc pod uwagę badania prowadzone przez innych autorów zawartość Cu wykazana w badaniach własnych jest wyższa.

Zawartość Cd w badanych próbkach ziarna mieściła się w granicach od $0,03$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m do $0,08$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m i nie przekraczała dopuszczalnej normy. Mediana zawartości Cd wynosiła $0,05$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m, a średnia zawartość $0,05$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Natomiast współczynnik zmienności $28,09\%$.

Badania dotyczące zawartości Pb we wszystkich analizowanych próbkach ziarna wykazały przekroczenie dopuszczalnej normy dla tego pierwiastka biorąc pod uwagę wytyczne Rozporządzenia Komisji (UE) Nr 1881/2006. Zawartość Pb w zbożach była w granicach od $0,202$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. do $0,97$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość wynosiła $0,34$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m, a mediana – $0,28$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Natomiast współczynnik zmienności oscylował w granicach $62,97\%$. Badania przeprowadzone przez Orła i współautorów 2005 roku wykazały, że średnia zawartość Pb w ziarnie zbóż dotycząca jęczmienia i żyta wynosiła odpowiedni $0,218$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. oraz $0,270$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m, natomiast w ziarnie pszenicy i pszenżyta $0,109$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m i $0,115$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Dokonując oceny jakości ziarna zbóż pod względem zawartości ołowiu w oparciu o wartości krytyczne wg. IUNG-PIB dla przydatności konsumpcyjnej roślin należy stwierdzić, iż wszystkie próbki zbóż nie wykazywały przekroczenia dopuszczalnej wartości krytycznej.

Wieloletni rozwój przemysłu miedziowego związanego głównie z przetwarzaniem rud metali skutkowało skażeniem środowiska naturalnego metalami ciężkimi. Zanieczyszczone ścieki, odpady poflotacyjne oraz emisje pyłowe i gazowe z hut doprowadziły do przenikania toksycznych pierwiastków do wody, powietrza oraz gleby. Zanieczyszczenia te aktualnie zaliczane są do „zanieczyszczeń historycznych”, przez co uznaje się je często za element danego środowiska naturalnego [Cuske i Karczewska 2016].

Tab. 3. Parametry charakteryzujące zawartość miedzi, ołowiu i kadmu w zbożach

Tab. 3. The parameters characterizing the content of copper, lead and cadmium in cereals

badano w - tested in	Zboża - crops		
	Cu	Pb	Cd
Pierwiastek - element			
średnia - average	8,68	0,34	0,07
odch. stand. - standard deviation	1,67	0,21	0,06
minimum	6,70	0,20	0,03
maksimum - maximum	11,50	0,97	0,25
mediana - median	8,90	0,28	0,05
wsp. zmienności - coefficient of variation	19%	63%	95%

Mimo, że w Hucie Miedzi GŁOGÓW stosowane są obecnie nowoczesne technologie produkcji miedzi, nieodłączające od poziomu światowego i wprowadzone skuteczne instalacje oczyszczające, to jednak nadal zakład ten postrzegany jest jako poważne źródło zanieczyszczeń środowiska. Nie potwierdzają tego aktualne badania prowadzone w tym rejonie przez liczne jednostki naukowe, w tym także przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu [Rosada 2008].

W początkowych latach istnienia Huty emisja pyłowa z tego zakładu była jednak bardzo duża, co spowodowało silną kumulację niektórych metali ciężkich (zwłaszcza miedzi i ołowiu) w glebach znajdujących się w zasięgu emisji. Obecność w glebie innych pierwiastków, takich jak cynk, kadm i arsen (zarówno w okresie silnej emisji, jak i obecnie) nie ma tak istotnego wpływu na zanieczyszczenie upraw [Rosada 2008].

Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, dzięki prowadzonym przez Hutę intensywnym działaniom proekologicznym, stan środowiska rolniczego wokół

zakładu uległ znacznej poprawie. Na skutek radykalnego ograniczenia emisji pyłowej Huty znacznie zmalał stopień zanieczyszczenia pól rolnych metalami ciężkimi. Niemal całkowicie wyeliminowana została emisja SO_2 do atmosfery, dzięki czemu wyraźnie zmniejszył się stopień zakwaszenia gleb. Stosowanie skutecznych metod rekultywacji gleb zanieczyszczonych pierwiastkami śladowymi, zwłaszcza ich wapnowanie stworzyło możliwość ponownego wykorzystania tych terenów do bezpiecznej produkcji rolniczej [Rosada i Przewocka 2015].

Aktualny stan upraw w sąsiedztwie Huty nie odbiega od tego, jakim cechują się uprawy znajdujące się poza zasięgiem emisji zakładu. Obrazują to załączone fotografie – Fot. 1 i 2.

Metale skumulowane w glebach tego obszaru w przypadku braku stosowania właściwych zabiegów agrotechnicznych, zwłaszcza w przypadku zaniechania regularnego wapnowania gleb mogą jednak nadal stanowić potencjalne zagrożenie ekologiczne. Spadek pH gleb uruchamia metale ciężkie i powoduje ich przepływ z fazy stałej gleby do roztworu glebowego. Metale stają się wówczas łatwiej dostępne dla roślin będących drugim ważnym ogniwem w łańcuchach troficznych: gleba → roślina → zwierzę → człowiek.



Fot. 1. Uprawa pszenicy jarej – Brzeg Głogowski, 2015
Phot. 1. Spring wheat cultivation – Brzeg Głogowski, 2015

Czynniki glebowe są więc głównym regulatorem zawartości fitodostępnych form metali ciężkich dla roślin. Z tego względu odczyn gleb staje się jednym z najważniejszych czynników limitujących dostępność przyswajalnych form

metali ciężkich dla roślin uprawianych w rejonach uprzemysłowionych. Wapnowanie gleb przez rolników wydaje się odpowiednim zabiegiem remediacji i immobilizacji pierwiastków w glebach, z punktu widzenia technologicznego i ekonomicznego. Stosowanie w procesach remediacji materii organicznej (biowęgiela, węgla brunatnego, osadów ściekowych), w celu zwiększenia zdolności sorpcyjnej i immobilizacji metali ciężkich w glebach, nie jest jeszcze do końca poznane i wiąże się z ogromnymi kosztami i trudnościami przy wykonywaniu tego zabiegu [Cuske i Karczewska 2016].



Fot. 2. Uprawa pszenicy ozimej – Żukowice, 2015
Phot. 2. Winter wheat cultivation – Żukowice, 2015

WNIOSKI

1. Zawartości Cu, Pb i Cd w glebach sąsiadujących z Hutą Miedzi GŁOGÓW są zróżnicowane w zależności od usytuowania punktów badawczych względem emitorów zanieczyszczeń, lecz utrzymują się na stałym poziomie i są efektem nagromadzenia tych pierwiastków w początkowym okresie działalności zakładu. Rośliny uprawiane na tych terenach są głównymi odbiorcami zanieczyszczeń i elementami modyfikującymi obieg materii na danym obszarze.
2. Aktualna zawartość metali ciężkich w glebach sąsiadujących z Hutą Miedzi GŁOGÓW nie ma fitotoksycznego oddziaływania na uprawiane na tych glebach rośliny i nie wpływa na ich rozwój i plonowanie.
3. Nie stwierdzono wyraźnego związku między poziomem metali ciężkich Cu, Pb i Cd w glebie, a ich zawartością w materiale roślinnym.

4. Przeważająca ilość (60%) gleb o odczynie lekko kwaśnym na badanym terenie nie jest zjawiskiem korzystnym, gdyż przy niskim pH gleby istnieje możliwość uruchomienia metali ciężkich z fazy stałej gleby i ich przepływu do roztworu glebowego, co zwiększa prawdopodobieństwo ich poboru przez rośliny.

LITERATURA

1. CUSKE M., KARCZEWSKA A., 2016. Wpływ materii organicznej na zmiany rozpuszczalności metali w glebach zanieczyszczonych w świetle literatury. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, Inżynieria Środowiska 162(42): 39–59.
2. Dziennik Urzędowy UE. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006, z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. (Tekst mający znaczenie dla EOG). L 364: 5–24.
3. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej nr 165, poz. 1359. 2002. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9.09.2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi: 10561–10564.
4. KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T., 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy. P(53): 1–20.
5. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
6. KACZYŃSKA A., ZAJĄCZKOWSKI M., GRZYBIAK M., 2015. Toksyczny wpływ kadmu na rośliny i człowieka. Ann. Acad. Med. Gedan., 45, 65–70.
7. KASZUBKIEWICZ J., KAWAŁKO D., 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu jeleniogórskiego. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 40.
8. ORZEŁ D., BRONKOWSKA M., FIGURSKA-CIURA D., STYCZYŃSKA M., WYKA J., ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA A., BIERNAT J., 2009. Ocena zanieczyszczenia cynkiem i miedzią produktów roślinnych z rejonu legnicko-głogowskiego. Bromat. Chem. Toksykol. – XLII, 4, 1144–1147
9. ORZEŁ D., BRONKOWSKA M., FIGURSKA-CIURA D., STYCZYŃSKA M., WYKA J., ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA A., BIERNAT J. 2010. Ocena zanieczyszczeniem ołowiem produktów roślinnych z rejonu Legnicko-Głogowskiego. Bromat.Chem.Toksykol. XLIII, 1, 79–85.

10. ROSADA J. 2008. Stan środowiska rolniczego w rejonie oddziaływania emisji Huty Miedzi GŁOGÓW. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego. Zeszyt 19.
11. 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).
12. ROSADA J., PRZEWOCKA M. 2015. Assessment of the current possibility of agricultural use of soils in agricultural areas adjacent to the Copper Smelter “Głogów” *Geology, Geophysics & Environment*, 41(2): 187–198.
13. STANIAK S., 2014. Źródła i poziom zawartości ołowiu w żywności. *Polish Journal of Agronomy*, 19, 36–45.
14. ZAJĄC G., SZYSZLAK-BARGŁOWICZ J. 2011. Ocena zawartości wybranych metali ciężkich w makach chlebowych. *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych* nr. 48.

COPPER, LEAD AND CADMIUM CONTENT IN SOILS AND PLANTS CULTIVATED IN THE VICINITY OF COPPER SMELTER “GŁOGÓW”

S u m m a r y

The aim of conducted studies was to perform the phyto- and ecotoxicological assessment of areas located in the immediate vicinity of the Copper Smelter GŁOGÓW. The study determined the content of copper, lead and cadmium in soils and their impact on cereal crops. At total 10 points were set, from which soils and plants samples were collected. Points were chosen based on three aspects: points location relative to emitters of pollutions, the level of soils pollution, also the representativeness of selected points to research areas. The elevated level of heavy metals, Cu in particular, found in soils located on the borderline of the former protective zone does not affect the condition of crops grown in this region. The concentrations of heavy metals determined in analyzed plants despite the elevated contents of Pb in grain, are not a threat to human and animals health when provided constant monitoring and proper use.

Key words: heavy metals, soil pollution, cereal contamination