

JANUSZ ROSADA*, MARTA PRZEWOCKA**

**WPLYW ZANIECZYSZCZENIA MIEDZIĄ I OŁOWIEM
GLEB OKOLIC HUTY MIEDZI W GŁOGOWIE
NA ZAWARTOŚĆ TYCH PIERWIASTKÓW W ZBOŻACH
Z OKOLICZNYCH PÓL UPRAWNYCH**

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości metali ciężkich w glebach i roślinach, jako wskaźnika antropopresji terenu rolniczego zlokalizowanego w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW. W badaniach określono zawartość miedzi i ołowiu w glebach i ich wpływ na uprawę pszenicy jarej i ozimej. Łącznie wyznaczono 20 punktów (powierzchni badawczych), z których pobrano próbki gleby z powierzchniowej warstwy 0-30 cm. Poboru próbek roślin dokonano w tych samych punktach badawczych, w których zebrano materiał glebowy. Zawartość metali ciężkich badano w całym zebranym materiale roślinnym i ziarnie obu zbóż. Wyniki badań wskazują, iż zawartość analizowanych pierwiastków śladowych w glebach, mimo podwyższonego poziomu Cu, nie powoduje migrowania tych metali w układzie gleba-roślina. Nie stwierdza się także istotnych różnic w zawartości Cu i Pb między pobranymi próbkami roślin pszenicy ozimej i jarej. Oba te zboża pod warunkiem stałej kontroli mogą być przeznaczone na cele konsumpcyjne, paszowe, a także przemysłowe.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, zanieczyszczenia gleb, zanieczyszczenia roślin, pszenica jara.

WSTĘP

Wieloletnia działalność KGHM w Legnicko-Głogowskim Okręgu Przemysłowym wiąże się z emisją pierwiastków śladowych Cu, Zn, Cd, Pb i As zawartych w pyłach metalurgicznych, czego efektem jest gromadzenie się ich w glebach pól uprawnych sąsiadujących z zakładami hutniczymi. Głównymi pier-

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

** Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

wiastkami 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]. Produkcja rolna na obszarach objętych bezpośrednim oddziaływaniem przemysłu miedziowego wymaga stałego monitoringu. Metale ciężkie pochodzące z emitowanych do atmosfery pyłów metalurgicznych 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].

Szczególną uwagę należy zwrócić na metale ciężkie występujące w różnych formach w glebie, które mogą przechodzić do roztworu glebowego i stać się potencjalnie przyswajalne dla roślin. Do głównych czynników regulujących odpowiednie wiązanie metali ciężkich w glebie możemy zaliczyć odczyn środowiska, pojemność sorpcyjną, wilgotność, zawartości substancji organicznej o różnej zdolności kompleksowania metali ciężkich, a także zawartość wodorotlenków żelaza, manganu, glinu i frakcji ilastych [Qishlaqi i Moore 2007, Karczewska 1996].

O dostępności metali ciężkich dla roślin decydują również czynniki meteorologiczne, gatunki uprawianych roślin oraz warunki prowadzonej uprawy rolnej, zwłaszcza stosowane zabiegi agrotechniczne. Wynikiem przemieszczania się metali w układzie gleba – roślina w pierwszej kolejności jest pogorszenie jakości uzyskiwanych płodów rolnych, które nie spełniają wymagań określonych w Białej Księdze ds. bezpieczeństwa żywności EUBŻ (Dziennik Urzędowy UE. Rozporządzenie WE nr 178/2002). Następnie w wyniku długotrwałego fitotoksycznego oddziaływania dochodzi do ograniczenia masy uzyskiwanych plonów [Wróbel i Dębowski 2010].

Celem przeprowadzonych badań była ocena lokalnej zmienności zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi w rejonie objętym emisjami Huty, a także uzyskanie informacji w różnicy pobierania Cu i Pb w odniesieniu do uprawy pszenicy jarej i ozimej.

MATERIAŁY I METODY 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 uruchomio-

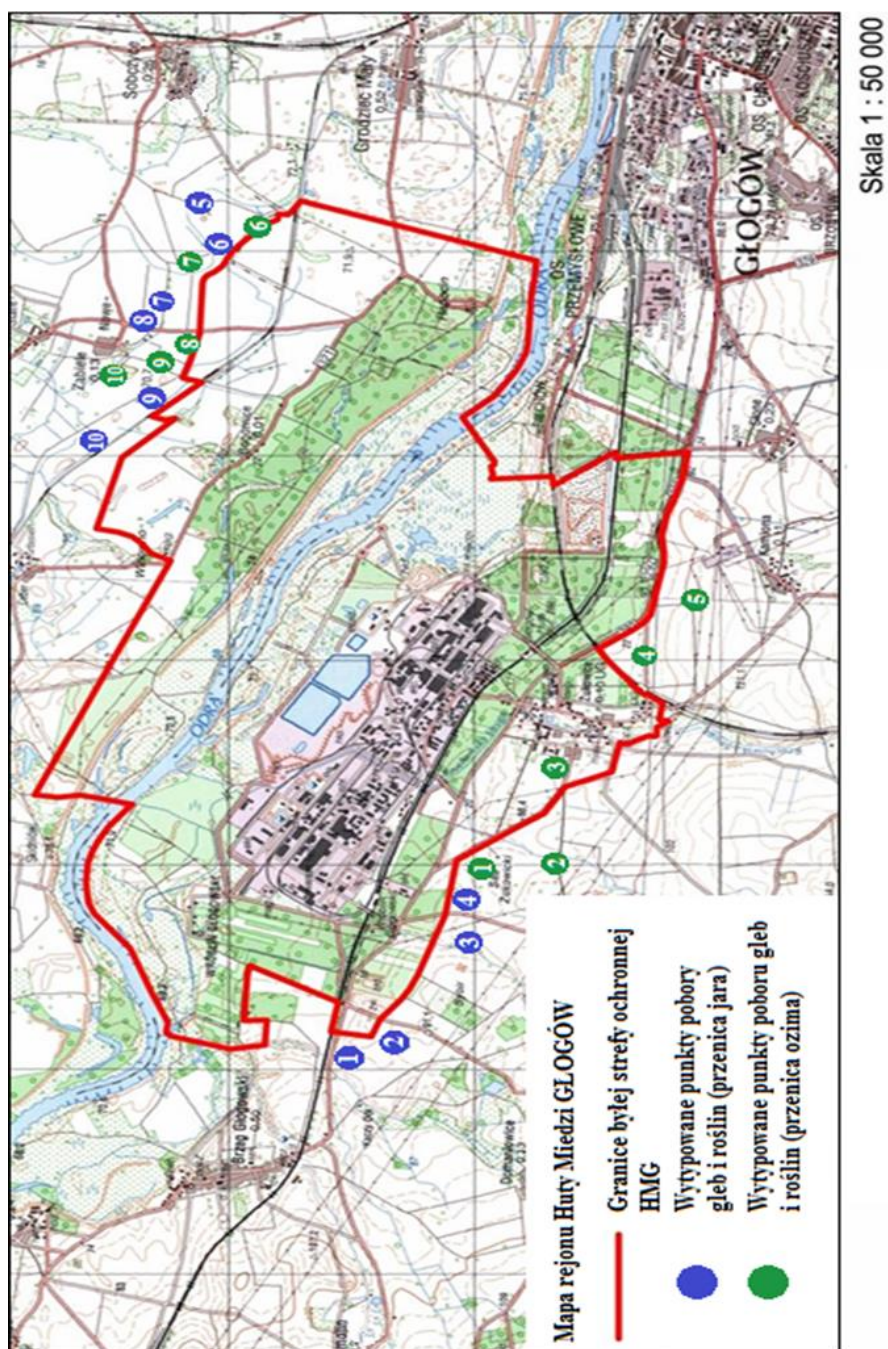
nej w 1978 r., wyposażonej w piec zawieszinowy. Oddział HM GŁOGÓW tworzy jedną z największych hut miedzi na świecie.

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.

Badania referowane w pracy prowadzono w roku 2014. Materiał do badań stanowiły próbki gleb i roślin zbożowych (pszenica jara i ozima), pobierane do oznaczeń miedzi (Cu) i ołowiu (Pb) oraz do oznaczeń pH badanych gleb. Poboru próbek dokonywano z 20 punktów (powierzchni) badawczych. Wyboru powierzchni badawczych dokonano na podstawie usytuowania punktów w stosunku do źródeł emisji, poziomu zanieczyszczenia, a także reprezentowalności punktów przeznaczonych do oceny badanego obszaru.

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 urządzenia typu GPS. 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 badań dotyczące zawartości Cu i Pb w ziarnie zbóż oraz w całej roślinie).

Wyniki oznaczeń zawartości badanych pierwiastków w analizowanych próbkach glebowych i roślinnych podano w tabelach nr 1 i 2. 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 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$). Przedstawiono również wskaźnik przemieszczania się metali z gleby do rośliny wykres nr 1 i 2 (indeks bioakumulacji B_I). Analizę statystyczną wyników przeprowadzono w programie Microsoft Excel 2010.



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

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Badania wykazały, iż w próbkach gleb, pobranych w punktach gdzie występowała uprawa pszenicy jarej, wartość pH wahała się pomiędzy 5,0 a 6,8. Większość gleb posiadała $\text{pH} \geq 6,0$. Gleby o odczynie kwaśnym stwierdzono w 2 punktach badawczych, lekko kwaśnym w 5 punktach, natomiast odczyn obojętny wykazano w 3 punktach. Z kolei w próbkach gleb pobranych w miejscach gdzie występowała uprawa pszenicy ozimej wartość pH wahała się pomiędzy 5,8 a 6,7. Gleby o odczynie lekko kwaśnym występowały w 8 punktach a o odczynie obojętnym w 2 punktach.

Stwierdzona przeważająca liczba gleb o odczynie lekko kwaśnym nie jest zjawiskiem korzystnym w przypadku gleb o zwiększonej koncentracji metali ciężkich.

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 związanej z tym naturalną tendencją gleb do zakwaszania.

Zintensyfikowanie wapnowania gruntów 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). Podwyższenie pH 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).

Oceny jakości gleb pod względem zawartości miedzi (Cu) i 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 ($>150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m}$) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.

Zwartości miedzi w próbkach glebowych, w których stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej normy wahały się w granicach od $155 \pm 17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m}$. do $211 \pm 24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m}$ i dotyczyła 5 punktów. Średnia zawartość Cu w glebie wynosiła $143,90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m}$. Na glebach tych uprawiano pszenicę jarą. Natomiast w próbkach gleb pobranych w miejscach, gdzie występowała uprawa pszenicy

ozimej ponadnormatywna zawartość Cu występowała w sześciu punktach. Zawartości miedzi w tych próbkach wahały się w granicach od $153 \pm 17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. do $219 \pm 25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość Cu w glebie dla tych punktów wynosiła $163,80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

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 metalonowych). 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 $< 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. Średnia zawartość Pb w glebie dla pszenicy jarej wynosiła $53,55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m, natomiast dla pszenicy ozimej $63,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

Większe zróżnicowanie zawartości metali ciężkich stwierdzono w próbkach gleb, na których występowała upraw pszenicy jarej, dla których wartość współczynnika zmienności mieściła się w zakresie od 25 do 26%, natomiast dla pszenicy ozimej było to 22%.

Odczyn badanych gleb, a także zawartość Cu i Pb w badanych glebach i roślinach przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Tab. 1. pH gleby oraz zawartość miedzi i ołowiu w próbkach glebowych i roślinnych (pszenica jara)

Tab. 1. The content of copper, lead and the pH of soils and plant samples (spring wheat)

| Pszenica jara – spring wheat | | | | | | | |
|--|--------------|-----|------|----------------|-----|----------------------------|------|
| badano w - tested in | Gleby - Soil | | | Ziarno - Grain | | Cała roślina - Whole plant | |
| parametr - parameter | pH | Cu | Pb | Cu | Pb | Cu | Pb |
| średnia - average | 6,18 | 144 | 53,6 | 6,5 | 0,3 | 97 | 7,1 |
| odch. stand. – std. dev. | 0,62 | 37 | 13,7 | 0,8 | 0,1 | 96 | 6,3 |
| minimum | 5,00 | 97 | 35,4 | 5,2 | 0,2 | 14 | 1,3 |
| maksimum - maximum | 6,80 | 211 | 73,0 | 7,9 | 0,6 | 272 | 19,0 |
| mediana - median | 6,35 | 141 | 57,0 | 6,6 | 0,3 | 50 | 4,1 |
| wsp. zmienności - coefficient of variation [%] | 10% | 25% | 26% | 13% | 33% | 99% | 89% |

Tab. 2. Odczyn (pH) oraz zawartość miedzi i ołowiu w próbkach glebowych i roślinnych (pszenica ozima)

Tab.2. The content of copper, lead and the pH of soils and plant samples (winter wheat)

| Pszenica ozima – winter wheat | | | | | | | |
|--|--------------|-----|------|----------------|-----|----------------------------|------|
| badano w - tested in | Gleby - Soil | | | Ziarno - Grain | | Cała roślina - Whole plant | |
| parametr - parameter | pH | Cu | Pb | Cu | Pb | Cu | Pb |
| średnia - average | 6,19 | 164 | 63,3 | 6,7 | 0,3 | 79 | 7,1 |
| odch. stand. – std. dev. | 0,30 | 36 | 13,8 | 0,6 | 0,1 | 94 | 7,0 |
| minimum | 5,80 | 113 | 47,0 | 6,0 | 0,2 | 16 | 1,4 |
| maksimum - maximum | 6,70 | 219 | 90,0 | 8,2 | 0,4 | 323 | 19,5 |
| mediana - median | 6,15 | 160 | 58,0 | 6,6 | 0,3 | 31 | 3,4 |
| wsp. zmienności - coefficient of variation [%] | 5% | 22% | 22% | 9% | 20% | 119% | 99% |

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 mg·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 mg·kg⁻¹ s.m, Pb (ziarno) 1,0 mg·kg⁻¹s.m [Kabata-Pendias i in. 1993].

Zawartość Pb we wszystkich analizowanych próbkach ziarna przekraczała dopuszczalną normę dla tego pierwiastka biorąc pod uwagę wytyczne Rozporządzenia Komisji (UE) Nr 1881/2006. Wyniki oznaczeń tego pierwiastka dla ziarna pszenicy jarej mieściły się w granicach od 0,25 mg·kg⁻¹ s.m. do 0,61 mg·kg⁻¹ s.m. Średnia zawartość wynosiła 0,31 mg·kg⁻¹ s.m. Natomiast dla pszenicy ozimej od 0,25 mg·kg⁻¹ s.m do 0,42 mg·kg⁻¹ s.m. Średnia zawartość wynosiła 0,29 mg·kg⁻¹ s.m. Biorąc natomiast pod uwagę fakt występowania podwyższonych zawartości Pb w stosunku do przedstawionej normy, nawet w ziarnach zbóż uprawianych na terenach nieuprzemysłowionych, można stwierdzić, iż ustalone normy posiadają zbyt rygorystycznie ustalony próg wartości krytycznej. Badania prowadzone przez Kabatę- Pendias i Pendias w 1999 roku przedstawiają przeciętną zawartość Pb w ziarnie zbóż w Polsce mieszczącą się w przedziale 0,2-0,8 mg·kg⁻¹ s.m. Dokonując oceny jakości ziarna zbóż pod względem zawartości ołowiu w oparciu o wartości krytyczne wg IUNG-PIB dla

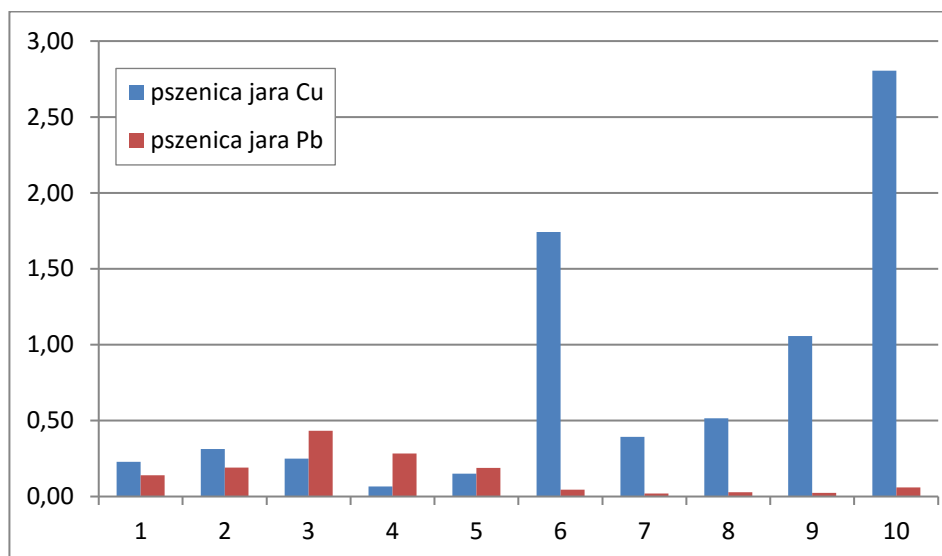
przydatności konsumpcyjnej roślin wszystkie próbki zbóż pszenicy jarej i ozimej nie wykazują przekroczenia dopuszczalnej wartości krytycznej.

Wyniki badań dotyczące udziału Cu w analizowanych ziarnach zbóż (pszenica jara i ozima), wg IUNG-PIB, nie wykazały przekroczenia dopuszczalnej normy dla tego pierwiastka ($20,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Zawartość Cu (dla pszenicy jarej wahała się od $5,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ do $7,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Średnia zawartość Cu w ziarnie wyniosła $6,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Natomiast dla pszenicy ozimej były to wartości od $6,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ do $8,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Średnio odnotowano $6,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Cu w ziarnie pszenicy ozimej. Większe zróżnicowanie zawartości metali ciężkich stwierdzono w próbkach pszenicy jarej, dla których wartość współczynnika zmienności mieściła się w zakresie od 13 do 33%, natomiast dla pszenicy ozimej było to od 9 do 20%. Mniejszą wartość współczynnika zmienności wykazano dla ołowiu, a większą dla miedzi.

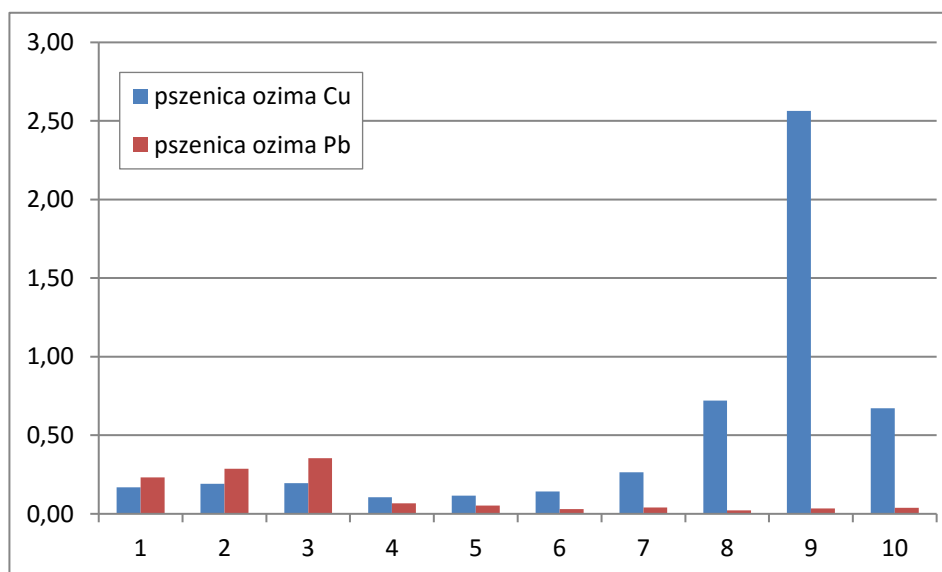
Ocenę zawartości metali w całych roślinach oparto na możliwości paszowego wykorzystania wytworzonej biomasy, uwzględniając graniczne zawartości metali ciężkich w roślinach podane przez Kabatę-Pendias i inni [1993], w których zawartość miedzi w roślinie nie powinna przekraczać $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, a dla ołowiu $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ oraz wskazania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 stycznia 2007 r. w sprawie dopuszczalnych zawartości substancji niepożądanych w paszach, która dla miedzi wynosi 7–10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, a dla ołowiu $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ W badaniach wykazano, iż biorąc pod uwagę wartości krytyczne podane przez Kabatę-Pendias i inni (1993), materiał roślinny z 5 punktów badawczych może być przeznaczony na cele paszowe, natomiast materiał zebrany w pozostałych punktach powinien zostać przeznaczony na cele przemysłowe np. tworzenie kompostów, spalanie. Biorąc pod uwagę wytyczne Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 stycznia 2007 r materiał badawczy pobrany ze wszystkich powierzchni badawczych może być wykorzystany jedynie na cele przemysłowe.

Dla wyznaczenia stopnia i kierunku mobilności metali ciężkich z gleby do rośliny w poszczególnych obiektach badawczych wyliczono współczynnik bioakumulacji (WB). Wskaźnik ten daje możliwość uzyskania miarodajnej informacji na temat przemieszczania się metalu z roztworu gleby do części nadziemnych rośliny.

Wskaźnik ten przedstawia stosunek zawartości metalu w roślinie do jego ilości w glebie [Czech i in. 2014]. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na wysokie wartości współczynnika bioakumulacji dotyczące zawartości miedzi w roślinie, zarówno w stosunku do pszenicy ozimej jak i jarej. Współczynnik bioakumulacji dotyczący ołowiu wskazuje na niską akumulację tego pierwiastka w roślinach.



Rys. 1. Współczynnik bioakumulacji (WB) metali ciężkich (pszenica jara)
 Fig. 1. Bioaccumulation factor (WB) of heavy metals (spring wheat)



Rys. 2. Współczynnik bioakumulacji (WB) metali ciężkich (pszenica ozima)
 Fig. 2. Bioaccumulation factor (WB) of heavy metals (winter wheat)

Wysoki współczynnik bioakumulacji Cu w całej roślinie nie przekłada się jednak za zawartość miedzi w ziarnie, co może być związane z występowanie

miedzi w formach mało mobilnych w roztworze glebowym. Potwierdzeniem są badania prowadzone przez Rosadę w 2008 r., w których wykazano, iż 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, we frakcjach mało mobilnych, co jest zjawiskiem niezwykle korzystnym z ekologicznego punktu widzenia.

Należy również zaznaczyć, że miedź pełni rolę mikroelementu, dlatego pewne jej ilości w glebach są niezbędne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. W porównaniu z innymi pierwiastkami jest mało mobilna 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].

WNIOSKI

1. Przekroczenia dopuszczalnej normy zawartości Cu w glebie utrzymują się na stałym poziomie i są efektem kumulacji zanieczyszczeń z początkowych lat działalności zakładu. Aktualnie czynnikiem wpływającym na zmienną ilość miedzi w poszczególnych punktach może być wpływ wiejących w tym rejonie wiatrów przenoszących emitowany pył metalurgiczny.
2. Oznaczony w ziarnach zbóż poziom miedzi i ołowiu świadczy o ograniczonym poborze tych pierwiastków z poziomu orno-próchnicznego zanieczyszczonych gleb, co może wskazywać na małą mobilności oraz silne związanie tych pierwiastków w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb.
3. Wyniki przeprowadzonych badań nie wskazują na istotną różnicę pod względem zawartości Cu i Pb w ziarnie zbóż pszenicy jarej i ozimej.
4. Badania wykazały, iż gleby znajdujące się w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi GŁOGÓW mogą być przeznaczone do celów rolniczych pod uprawę roślin konsumpcyjnych, paszowych i przemysłowych pod warunkiem stałe i systematycznie prowadzonych badań monitoringowych.
5. Ocena translokacji Cu i Pb z gleb do nadziemnych części roślin wykonana dzięki pomocy wskaźnika bioakumulacji, wskazuje na możliwość zwiększonego transferu metali ciężkich w układzie gleba-roślina. Zagrożenie to powinno być, uwzględnione przy kontroli zawartości metali ciężkich w glebach i roślinach.

LITERATURA

1. CZECH T., BARAN A., WIECZOREK J., 2014. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu Gminy Borzęcin (Województwo Małopolskie), *Inżynieria Ekologiczna* nr 37, 89–98, DOI: 10.12912/2081139X.20.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. PWN Warszawa: s. 267.
7. KARCZEWSKA A., 1996. Formy miedzi w silnie zanieczyszczonych glebach LGOM-u oraz ich przemiany związane z warunkami zawodnienia. Miedź i molibden w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. *Zesz. Nauk. Kom. „Człowiek i Środowisko”*, 14: 240–246.
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. QISHLAGI A., MOORE F., 2007. Statistical analysis of accumulation and sources of heavy metals occurrence in agricultural soils of Khoshk River Banks, Shiraz, Iran. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 2(5): 565–573; 96.
10. Ramowe wytyczne dla rolnictwa 1993: ocena stanu zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG, Puławy.
11. ROSADA J. 2008. Stan środowiska rolniczego w rejonie oddziaływania emisji Huty Miedzi GŁOGÓW. *Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego. Zeszyt 19.*
12. 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.
13. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 stycznia 2007 w sprawie dopuszczalnych zawartości substancji niepożądanych w paszach. *Dz. U.* 2007, nr 20, poz. 119.
 14. ROZPORZĄDZENIE (WE) NR 178/2002 PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. bezpieczeństwa żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności.
 15. WRÓBEL S., DĘBOWSKI M., 2010. Ocena szkodliwości metali śladowych w glebach zanieczyszczonych emisjami KGHM dla pszenicy jarej z uwzględnieniem wybranych metod przeciwdziałania. *Zesz.Nauk. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu*, XCVI, nr 576, 81.

INFLUENCE OF COPPER AND LEAD CONTAMINATION OF SOILS IN THE COPPER SMELTER IN GŁOGÓW LOCALITY ON THE CONTENT OF THESE ELEMENTS IN CEREALS FROM THE SURROUNDING FARMLAND

S u m m a r y

The aim of conducted studies was to determine the content of heavy metals in soils and plants as an indicator of anthropogenic pressure in an agriculture area located in the vicinity of the Copper Smelter GŁOGÓW. The research has identified the content of copper and lead in soils and their impact on spring and winter wheat crops. In total 20 points were set, where samples were taken from the surface layer 0-30 cm. Plant samples were collected in the same points as soil samples. Heavy metals content was examined throughout the plant and the grain of both cereals. The results indicate that the content of analyzed trace elements in soils despite elevated level of Cu does not cause migration of these metals in the soil-plant system. Significant differences in Cu and Pb content between the collected samples of spring and winter wheat crops has not been identified. Both of these cereals can be used for consumption, feed and industrial purposes when provided constant control.

Key words: heavy metals, soil pollution, plant contamination, spring wheat