

MARTA PRZEWOCKA

## WAPNOWANIE JAKO METODA IMMOBILIZACJI METALI CIĘŻKICH W GLEBACH

### *Streszczenie*

*W pracy omówiono zagadnienia dotyczące przyczyn i skutków zakwaszenia gleb w środowisku rolniczym Huty Miedzi GŁOGÓW, a także podjęto próbę oceny analizy ryzyka w oparciu o biodostępność metali ciężkich w różnych warunkach pH. Przeprowadzone badania wykazały, iż zakwaszenie gleb występujących w najbliższym sąsiedztwie zakładu uznaje się za jeden z głównych czynników wpływających na wzrost mobilności metali ciężkich. Poprawa jakości gleb oraz konieczność uzyskiwania wysokiej produkcji rolnej wymaga zabiegów odkwaszania. Z tego względu stosowanie nawozów wapnujących jest nie tylko skuteczną metodą rekultywacji gleb, ale także czynnikiem zapewniającym równowagę ekosystemów rolniczych tego rejonu.*

Słowa kluczowe: wapnowanie gleb, rekultywacja gleb, metale ciężkie, Huta Miedzi GŁOGÓW

### WSTĘP

Jedną z podstawowych właściwości fizykochemicznych gleby jest jej odczyn (pH) decydujący o urodzajności, walorach użytkowych oraz przebiegu procesów chemicznych i biochemicznych. Odczyn gleb pełni funkcję ekologiczną i fitosanitarną, a także odpowiada za właściwe pobieranie składników pokarmowych przez rośliny.

Wzrost zakwaszenia gleb wpływa na przyspieszenie wielu procesów, które powodują uwalnianie z kompleksu sorpcyjnego do roztworu glebowego składników takich jak glin i mangan, szkodliwych szczególnie dla roślin. Wpływa również na zubożenie gleb w jony zasadowe. Zakwaszenie wiąże się z mobilizacją i immobilizacją metali ciężkich. Odczyn gleby jest jednym z czynników decydujących o tym, w jakiej formie oraz dostępności dla roślin metale ciężkie występują w środowisku [Kabata-Pendias i Pendias 1999].

W glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych następuje zwiększenie dostępności, w roztworze glebowym, ruchomych form metali ciężkich. Związane jest to ze wzrostem rozpuszczalności chemicznych połączeń tych pierwiastków oraz zmniejszeniem ich absorpcji na koloidach glebowych przy niskim odczynie gleby [Sady i Smoleń 2004]. Gleby o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym zalicza się obecnie do gleb chemicznie zdegradowanych, w których zamiera życie biologiczne, giną pożyteczne bakterie i drobnoustroje, a ich miejsce zajmują grzyby [Karczewska i Kabała 2010].

Od wielu lat w Polsce udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych stanowi ponad 50% powierzchni użytków rolnych. Na obszarach uprzemysłowionych zakwaszone gleby stanowią nawet ponad 80% powierzchni. W Polsce warunki do produkcji rolnej są o wiele gorsze w porównaniu z innymi krajami europejskimi. Decydują o tym lekkie w przewodzie gleby, o małej naturalnej żyzności oraz niewystarczające opady i stosunkowo krótki okres wegetacyjny. Udział gleb bardzo lekkich i lekkich pochodzenia polodowcowego stanowi 60% w stosunku do około 30% w krajach Unii Europejskiej [Lipiński 2005].

Zakwaszenie gleb w Polsce jest więc często zjawiskiem naturalnym, jednak w ostatnich latach proces ten uległ znacznemu przyspieszeniu na skutek działania czynników antropogenicznych [Filipek i in. 2006].

Obecnie dobrze poznana i skuteczną pod względem naukowym i praktycznym metodą zmiany pH gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych jest stosowanie nawozów wapnujących [Kamionka 2010]. Jednak w ostatnich latach z informacji IUNG wynika, że zużycie nawozów wapniowych drastycznie zmalało, głównie po zniesieniu dotacji w 2004 roku. Aktualnie zużycie stanowi 30% ilości wapna stosowanego w końcu lat 90-tych. Dawki wapna wynoszą średnio 90 kg CaO/ha/rok i dalece odbiegają od faktycznych potrzeb. Dostarczana do gleb ilość wapna nie pokrywa nawet ubytków zachodzących na skutek stale przebiegających procesów naturalnych.

### CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Badania wykonywane były na terenach rolniczych sąsiadujących z Hutą Miedzi GŁOGÓW na lewo- i prawobrzeżnej stronie rzeki Odry. Obszar badawczy obejmował była strefę ochronną oraz tereny przyległe, zlokalizowane na pograniczu strefy, które w początkowych latach funkcjonowania zakładu uważane były za rejony klęski ekologicznej – rys. 1.

Ze względu na duże ilości emitowanych do atmosfery pyłów i gazów metalicznych w przeszłości huta przyczyniła się do znacznego zakwaszenia gleb znajdujących się w jej najbliższym otoczeniu. Emisje szkodliwych pyłów i gazów kilkakrotnie przekraczały dopuszczalne normy [Rosada i in. 2011].

Od momentu uruchomienia zakładu, aż do połowy lat osiemdziesiątych roczne emisje Cu i Pb ciągle wzrastały. W roku 1980 oba zakłady Huty Miedzi GŁOGÓW wyemitowały do atmosfery ok. 160 razy więcej miedzi oraz ok. 260 razy więcej ołowiu niż w późniejszych latach [Przewocka 2011]. Zawartość Cu i Pb w powierzchniowej warstwie gleby w tym okresie wynosiła  $5000\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Cu oraz  $18400\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Pb [Karczewska i Kabała 2010].

Radykalne ograniczenie emisji nastąpił dopiero w latach dziewięćdziesiątych, a w późniejszym okresie przeprowadzono także modernizację procesów technologicznych oraz zastosowano skuteczne instalacje oczyszczające. Jednak skutki istniejącego zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi odczuwalne są do dziś [Karczewska i Kabała 2010]. Metale ciężkie, które dostały się do gleby wraz z pyłami metalonośnymi uległy przeniesieniu i przekształceniu w formy odpowiednie dla właściwości danej gleby i rodzaju metalu [Rosada 2008].

Z tego względu od szeregu lat oprócz działań związanych z modernizacją technologii produkcji do planowanych działań zakładu należy również odkwaszanie gleb. Stosowanie wapna nawozowego na tych terenach jest najczęściej wykorzystywaną metodą rekultywacji gleb, na których zostały przekroczone standardy jakości gleb i ziem związane z zanieczyszczeniem metalami ciężkimi. W wyniku nieodpłatnie prowadzonych przez hutę akcji wapnowania gleb do roku 2000 większość terenów została odkwaszona.

Zabiegi mające na celu ograniczenie mobilności metali ciężkich prowadzone były przy zastosowaniu wapna dolomitowego zawierającego 40-50% CaO+MgO. Roczna dawka stabilizująca odczyn gleb (pH 6,8-7,2) wynosi ok. 1,5-2 Mg wapna dolomitowego na 1 ha gruntu [Rosada 2008].

## METODYKA BADAŃ

Próbki gleb pobierano w latach 2012-2013 w okresie wiosennym z poziomu próchnicznego, ornego (0-30cm) stosując specjalistyczny świder mechaniczny. Łącznie do oznaczeń pH pobrano corocznie 40 próbek glebowych. Lokalizację punktów poboru gleb wyznaczano za pomocą GPS. Z każdego punktu pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano jako próbkę średnią. Przed analizą próbki glebowe wysuszono w temperaturze pokojowej, następnie utarto w młynku i przesiano przez sito plastikowe o średnicy oczek 2 mm, w celu oddzielenia części szkieletowych od ziemistych. Po przesianiu każdą próbkę gleby dokładnie wymieszano, aby uzyskać wysoki stopień homogeniczności materiału. Odczyn (pH) badanych gleb oznaczono w 1-molowym KCl metodą potencjometryczną [Siebielec 2012].



Rys. 1. Mapa lokalizacji poboru próbek glebowych  
z rejonu Huty Miedzi GŁOGÓW

Fig. 1. Sampling location map of area surrounding Copper Smelter GŁOGÓW

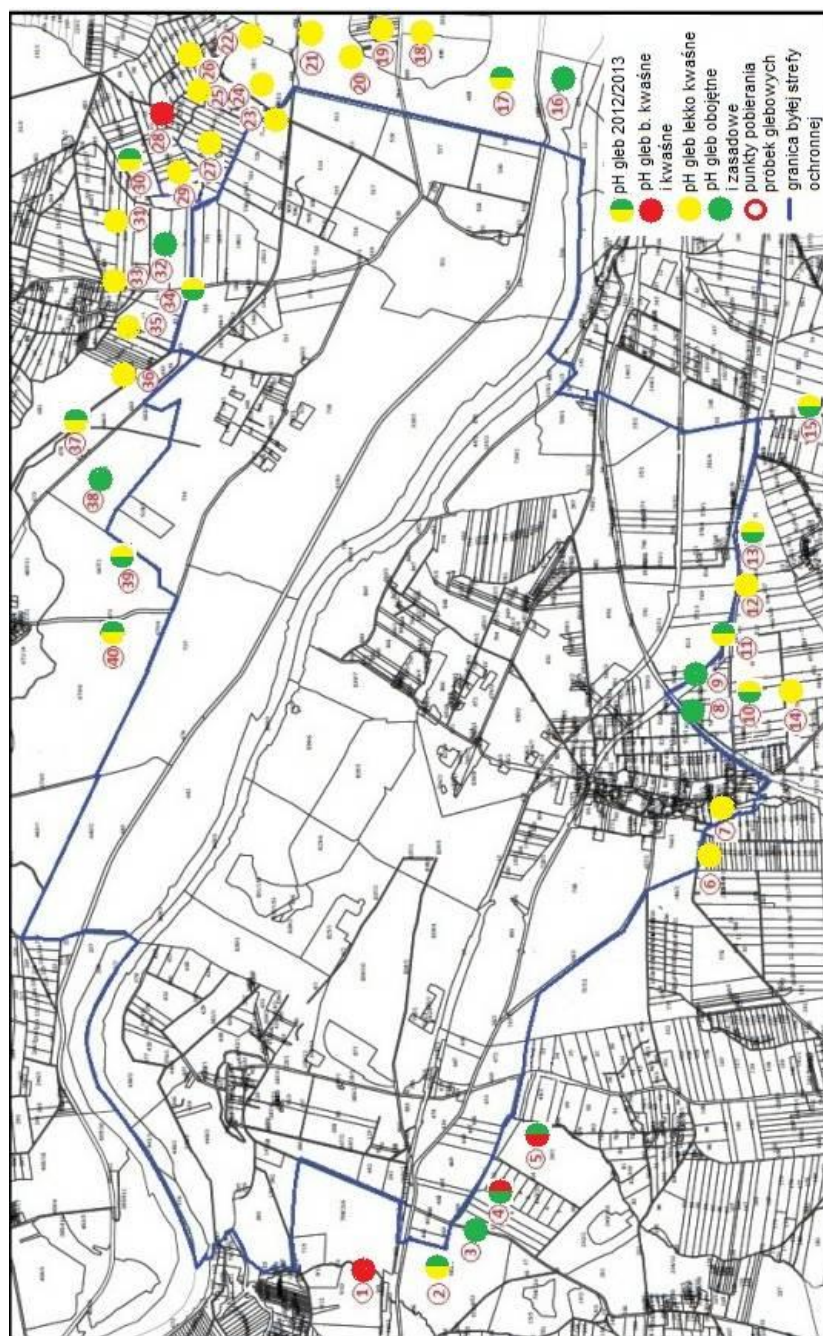
## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wartości pH badanych gleb pobranych na terenie sąsiadującym z Hutą Miedzi GŁOGÓW wraz z rodzajami upraw z poszczególnych pól przedstawiono w tabeli 1. W próbkach glebowych z poziomu 0-30 cm wartości pH wykazały duże zróżnicowanie. Wartości te wahały się pomiędzy 4,4 i 7,5. W roku 2012 wykazano, iż gleby o odczynie kwaśnym stanowiły 5%, lekko kwaśne 67,5%, obojętnym 15% i zasadowym 12,5%. Natomiast w roku 2013 pH gleb kształtowało się następująco: gleby o pH silnie kwaśnym 2,5%, kwaśnym 7,5%, lekko kwaśnym 55%, obojętnym 25% oraz zasadowym 10%.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono mapę przedstawiającą podział badanego terenu na rejony o zmiennym potencjale immobilizacji metali ciężkich, za sprawą różnie ukształtowanego pH – rys. 2. Wyznaczenie rejonów o wysokim, średnim i niskim potencjale immobilizacji metali ciężkich w badanych glebach jest istotne ze względu na mobilność metali w określonych granicach pH. Najbardziej mobilnym i podatnym na rozpuszczanie metalem ciężkim jest kadm. Ulega uruchomieniu w glebie przy pH 6,5. Z kolei Cu, Pb i Zn ulegają mobilizacji przy znacznym zakwaszeniu. Cu i Pb ulegają uruchomieniu przy pH < 5,0 oraz posiadają dwa wysokie poziomy koncentracji w roztworze glebowym przy pH 5,2-6,5 i przy pH 7,5-7,8 [Sady i Smoleń 2004].

Jak wskazują wyniki pH w większości z badanych gleb występują warunki do zwiększenia mobilności Cu i Pb. Przy ocenie skali zagrożenia wynikającego z uwalniania metali ciężkich z kompleksu sorpcyjnego gleby, należy wziąć pod uwagę fakt, że badane tereny odznaczają się dużym zróżnicowaniem pod względem składu granulometrycznego. Zgodnie z Polską Normą PN-R-04033 gleby te zaliczane są do trzech grup pisków, glin i pyłów. Takie zróżnicowanie powoduje, iż na obszarze tym występują rejony, w których gleby o mniejszej pojemności sorpcyjnej i lżejszym składzie granulometrycznym wiążą metale ciężkie słabiej w glebie, natomiast w glebach o większej pojemności sorpcyjnej i cięższym składzie granulometrycznym wiązania te są trwalsze.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono dwa rejony podwyższonego ryzyka związanego z immobilizacją metali ciężkich w badanym środowisku. Rejon południowo – zachodni gdzie w punktach nr 1, 4, 5 stwierdzono gleby o odczynie bardzo kwaśnym oraz rejon północno-wschodni gdzie w znacznej ilości pobranych próbek dominowały gleby o odczynie lekko kwaśnym i w jednym punkcie numer 28 bardzo kwaśne. W rejonie południowym i północnym stwierdzono średnie i niskie ryzyko związane z immobilizacją metali ciężkich.



Rys.1. Mapa rejonów o różnym ukształtowaniu odczynu pH gleb  
 Fig.1. Map of regions with different values of soils pH

Tab.1. Odczyn pH gleb w latach 2012 i 2013 z podziałem na rodzaje upraw  
 Tab.1. The soils pH in 2012 and 2013 with division on types of crops

Nr próbki gleby	2012		2013	
	pH gleby w 1 MKCl	Rodzaj upraw	pH gleby w 1 MKCl	Rodzaj upraw
1	5,3	pszenica jara	5,3	pszenica jara
2	5,9	żyto	6,7	rzepak
3	7,3	pszenica jara	7,1	rzepak
4	6,6	pszenica jara	5	jęczmień ozimy
5	6,4	pszenica ozima	7,3	rzepak
6	6,4	jęczmień jary	6,4	pszenica jara
7	6,3	buraki	6	pszenica jara
8	7	buraki	6,6	pszenica jara
9	7,3	buraki	7,2	pszenica jara
10	7,4	jęczmień jary	5,8	pszenica jara
11	6,3	buraki	7,1	pszenica jara
12	6,2	pszenica jara	5,8	rzepak
13	7,2	buraki	6,2	pszenica jara
14	6,4	jęczmień ozimy	6,3	rzepak
15	7,2	ziemniaki	5,6	pszenica jara
16	7,1	kukurydza	7,3	pszenica jara
17	6,3	kukurydza	7,3	pszenica jara
18	6,1	kukurydza	6,1	pszenica ozima
19	5,7	pszenica jara	5,6	pszenżyto
20	6,1	pszenica jara	6,3	kukurydza
21	6,5	kukurydza	6,4	kukurydza
22	5,8	pszenica jara	5,6	buraki cukrowe
23	5,7	jęczmień jary	6,3	pszenica jara
24	5,9	pszenica jara	6,2	mieszanka ozima
25	6,1	pszenica jara	6	mieszanka ozima
26	6,2	rzepak	6,3	mieszanka ozima
27	6,1	pszenica jara	5,5	buraki cukrowe
28	5,3	pszenica ozima	4,4	rzepak
29	5,9	wierzba energetyczna	6,1	kukurydza
30	6,4	łąka	7,3	mieszanka ozima

31	6,3	jęczmień ozimy	6,2	pszenica ozima
32	6,8	rzepak	7,2	pszenica ozima
33	6,1	jęczmień jary	6,3	jęczmień jary
34	7,3	buraki	6,2	jęczmień jary
35	5,8	facelia	6	pszenżyto
36	5,6	facelia	6,4	ugór czarny
37	6,2	kukurydza	7,1	ugór czarny
38	7,5	łubin	6,7	trawa
39	7,4	łubin	6,2	pszenica jara
40	5,9	lucerna	6,7	trawa

### WNIOSKI

- Działalność Huty Miedzi GŁOGÓW w początkowych latach istnienia zakładu przyczyniła się do wysokiej kumulacji metali ciężkich i zakwaszenia gleb znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie zakładu.
- Rodzaj użytkowania terenu oraz odpowiednie zabiegi agrotechniczne istotnie wpływają na zawartość metali ciężkich w glebie.
- Wapnowanie gleb wokół Huty Miedzi GŁOGÓW jest skuteczną metodą rekultywacji gleb zapewniającą stabilizację ekosystemów tego rejonu.
- Wyznaczenie rejonów o zmiennej immobilizacji metali ciężkich względem różnego ukształtowania pH stanie się pomocne przy planowaniu odkwaszania gleb organizowanym okresowo przez Hutę Miedzi GŁOGÓW.

### LITERATURA

1. Filipek T., Fotyma M., Lipinski W. 2006. Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb gruntów ornych w Polsce. Nawozy i nawożenie. IUNG, Puławy
2. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa
3. Kamionka J. 2010. Analiza kosztów wapnowania gleb w Polsce. Problemy Inżynierii Rolniczej nr 2/2010.
4. Karczewska A., Kabała C. 2010. Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku – potrzeby i metody rekultywacji. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 576, Wrocław
5. Lipiński W. 2005. Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie, 2, 33-40.



6. Przewocka M. 2011. Charakterystyka strefy ochronnej Huty Miedzi „GŁOGÓW”. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 144, Zielona Góra.
7. Rosada J. 2008. Stan środowiska rolniczego w rejonie oddziaływania emisji Huty Miedzi „GŁOGÓW”. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin Państwowego Instytutu Badawczego, Zeszyt 19, Poznań.
8. Rosada J., Dopierała U., Grzesiak J. 2011. Wpływ ograniczenia emisji pyłowej Huty Miedzi „GŁOGÓW” na zawartość miedzi w zbożach i kondycję roślin. Postęp w Ochronie Roślin 51(1), Poznań.
9. Sady W., Smoleń S. 2004. Wpływ czynników glebowo – nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach. X Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe – Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnich. Kraków.
10. Siebielec G. 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. IUNG, Puławy.

## **LIMING AS A METHOD OF HEAVY METALS IMMOBILIZATION IN SOILS**

### *Abstract*

*In this thesis issues related to the causes and effects of soils acidification in an agricultural environment of Huta Miedzi GŁOGÓW were discussed, also assessment of the risk analysis based on the bioavailability of heavy metals in various pH conditions was carried out. Studies have shown that acidification of soils located in the nearest vicinity of the plant is considered to be one of the main factors contributing to the increase of heavy metals mobility. Improvement of soils quality and the need to produce high agricultural production requires de-acidification treatments. For this reason, the use of liming fertilizers is not only effective method of soils remediation, but also factor ensuring balance of agricultural ecosystems of that region.*

Key words: soils liming, soils remediation, heavy metals, Huta Miedzi