

## OCENA ZANIECZYSZCZENIA GLEB BAGIEN BŁĘDOWSKICH METALAMI CIĘŻKIMI

*Paweł Zadrozny<sup>1</sup>, Paweł Nicia<sup>1</sup>, Joanna Kowalska<sup>1</sup>, Romualda Bejger<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja  
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków  
e-mail: rzzadroz@cyf-kr.edu.pl

<sup>2</sup>Katedra Fizyki i Agrofizyki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
ul. Papieża Pawła IV/3, 71-459 Szczecin

**Streszczenie.** Celem badań była ocena stopnia zanieczyszczenia gleb Bagiń Błędowskich metalami ciężkimi oraz określenie zależności pomiędzy zawartością węgla organicznego w tych glebach a koncentracją metali ciężkich. Stwierdzono, że gleby Bagiń Błędowskich charakteryzowały się wysoką i silnie zróżnicowaną zawartością metali ciężkich pomiędzy poszczególnymi typami gleb, jak również w poszczególnych poziomach glebowych. Na podstawie analizy uzyskanych wyników można stwierdzić, że zawartość Cd i Pb w badanych glebach przekraczała wartości dopuszczalne dla gleb terenów chronionych (grupa A), jak również dla gleb gruntów rolnych (grupa B) oraz w niewielkiej części badanych profili także dla gleb terenów przemysłowych, użytków kopalnych, terenów komunikacyjnych (grupa C). Zawartość Cu, Cr, i Ni tylko w części badanych profili glebowych przekraczała wartości dopuszczalne dla gleb terenów chronionych (grupa A). Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała że zawartość większości badanych metali ciężkich w glebach Bagiń Błędowskich była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością węgla organicznego.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, gleby Bagiń Błędowskich

### WSTĘP

Bagna Błędowskie to jeden z najciekawszych przyrodniczo zakątków obszaru dorzecza Białej Przemszy, położony w Kotlinie Błędowskiej na wschodnich krańcach Wyżyny Śląskiej. Potwierdzeniem walorów przyrodniczych tego regionu było utworzenie w roku 1980 Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd, który obecnie jest jednym z ośmiu parków wchodzących w skład utworzonego w roku 2000 Zespołu Parków Krajobrazowych Województwa Śląskiego.

Gleby Bagiń Błędowskich należą do dwóch grup gleb różniących się zarówno pod względem genezy, morfologii jak i właściwości fizykochemicznych. Pierwsza z nich obejmuje gleby organiczne, których geneza jest ściśle związana z obecno-

ścią wody w profilu i akumulacją torfu oraz gleby mineralne objęte zaawansowanym procesem glejowym (gleby glejowe). Drugą grupę stanowią gleby mineralne wytworzone z piasków fluwioglacjalnych, będące w większości w inicjalnej fazie swojego rozwoju (arenosole).

W latach 70-tych i 80-tych XX w. na obszarze Bagien Błędowskich zaczęły pojawiać się nielegalne wysypiska odpadów, w których zdeponowano materiały szczególnie uciążliwe dla środowiska naturalnego (baterie, akumulatory, opony, substancje smoliste, sprzęt AGD i RTV, odpady budowlane). Wraz z upływem czasu zalegania odpadów w glebie, wzrasta ich szkodliwość. Materiały te ulegają stopniowemu rozkładowi, co powoduje, że do gleb i wód przedostają się związki chemiczne zawierające metale ciężkie (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Do zanieczyszczenia metalami ciężkimi terenu Bagien Błędowskich przyczyniła się także obecność zakładów przemysłowych aglomeracji śląskiej, które w latach 70 i 80-tych emitowały do atmosfery znaczne ilości pyłów metalonośnych (Schejbal-Chwastek i Tarkowski 1988).

Celem przeprowadzonych badań była ocena stopnia zanieczyszczenia gleb Bagien Błędowskich metalami ciężkimi oraz określenie zależności pomiędzy zawartością węgla organicznego w tych glebach a koncentracją w nich metali ciężkich.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na materiale glebowym pobranym z 14 odkrywek glebowych (P1-P14) wykonanych na Bagnach Błędowskich, na różnych typach gleb, charakterystycznych dla tego terenu (tab. 1). Materiał glebowy został pobrany z poszczególnych poziomów genetycznych badanych odkrywek glebowych.

W pobranych próbach gleb oznaczono pH, zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego oraz zawartości całkowite: kadmu, chromu, miedzi, niklu i ołowiu. Wartości pH oznaczono metodą potencjometryczną, zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego na aparacie LECO CNS 2000. Zawartości metali ciężkich oznaczono metodą spektrofotometrycznej absorpcji atomowej (ASA), stosując do atomizacji płomień acetylenowo powietrzny, po wcześniejszej mineralizacji próbek glebowych w mieszaninie stężonego  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HClO}_4$  o stosunku 2:1, (Sapek i Sapek 1997).

Dla poziomów powierzchniowych obliczono współczynnik wzbogacenia w metale ciężkie (WA), jako iloraz zawartości metali ciężkich w poziomach powierzchniowych i poziomach skały macierzystej lub podłoża mineralnego, na którym wykształciły się gleby organiczne.

W oparciu o określone w terenie właściwości morfologiczne i otrzymane wyniki analiz laboratoryjnych określono przynależność typologiczną badanych gleb zgodnie z zaleceniami zawartymi w Systematyce gleb Polski wyd. 5 (Komisja V Genezy, Kartografii i Systematyki Gleb PTG 2011) oraz Klasyfikacji Zasobów Glebowych Świata 2014 (WRB 2014) (tab. 1).

**Tabela 1.** Współrzędne geograficzne i systematyka badanych gleb Bagien Błędowskich  
**Table 1.** Geographic coordinates and systematics of the studied Błędowskie Swamp soils

Profil Profile	Współrzędne geograficzne Geographic coordinates	Typ gleby Soil type (WRB 2014)	Typ/Podtyp gleby Soil Type/Subtype (Komisja V...PTG 2011)
P1	N 50°20'08,6'' E 19°25'48,5''	Sapric Histosol (Epieutric)	gleba organiczna saprowo-murszowa sapric-muck organic soil
P2	N 50°20'11,9'' E 19°25'48,0''	Protic Thaptoumbric Arenosol (Hyperdystric)	Arenosol
P3	N 50°20'12,2'' E 19°25'48,6''	Albic Folic Arenosol (Hyperdystric)	Arenosol
P4	N 50°20'11,6'' E 19°26'04,5''	Sapric Histosol (Endoeutric)	gleba organiczna saprowo-murszowa sapric-muck organic soil
P5	N 50°20'13,3'' E 19°25'51,1''	Sapric Rheic Histosol (Epieutric)	gleba torfowa saprowa typowa typical peat sapric soil
P6	N 50°20'10,2'' E 19°26'13,6''	Umbric Gleysol (Orthodystric)	gleba murszasta typowa typical moorsh soil
P7	N 50°20'09,2'' E 19°26'25,4''	Rheic Histosol (Hyperdystric)	gleba torfowo-glejowa peat-gleyic soil
P8	N 50°20'19,5'' E 19°26'40,2''	Protic Arenosol (Orthodystric)	Arenosol
P9	N 50°20'18,1'' E 19°26'58,5''	Protic Arenosol (Orthodystric)	Arenosol
P10	N 50°20'25,3'' E 19°27'12,2''	Thaptohistic Fluvic Gleysol (Hypoeutric)	gleba glejowa typowa typical gleyic soil
P11	N 50°20'21,5'' E 19°27'07,7''	Fibric Rheic Histosol (Orthodystric)	gleba torfowa fibrowa typowa typical peat-fibrous soil
P12	N 50°20'18,4'' E 19°26'58,1''	Folic Gleysol (Orthodystric)	gleba glejowa typowa typical gleyic soil
P13	N 50°20'11,4'' E 19°26'48,9''	Hemic Rheic Histosol (Orthodystric)	gleba torfowa hemowa typowa typical peat hemic soil
P14	N 50°20'18,3'' E 19°26'58,4''	Protic Arenosol (Orthodystric)	Arenosol

W celu określenia zależności pomiędzy zawartością węgla organicznego w poziomach powierzchniowych badanych typów gleb a zawartością w nich metali ciężkich, wyznaczono współczynniki korelacji r-Pearsona. Obliczenia statystyczne wykonano przy wykorzystaniu programu Statistica 10.0, przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Badane gleby, na podstawie kryteriów określonych w systematyce gleb WRB (2014), można zaliczyć do gleb organicznych (P1, P4, P5, P7, P11, P13), do arenosoli (P2, P3, P8, P9, P14) oraz do gleb glejowych (P6, P10, P12) (tab. 1). Gleby te charakteryzowały się różnymi kierunkami procesów pedogenicznych oraz różnymi właściwościami chemicznymi (tab. 1 i 2).

Badane gleby charakteryzowały się zróżnicowanymi zawartościami metali ciężkich zarówno pomiędzy wymienionymi powyżej typami gleb, jak również w ich poziomach powierzchniowych i podpowierzchniowych (tab. 3). Najwyższe zawartości wszystkich badanych metali ciężkich w poziomach powierzchniowych, jak również i podpowierzchniowych, stwierdzono w glebach organicznych.

**Tabela 2.** Podstawowe parametry chemiczne badanych gleb

**Table 2.** Basic chemical parameters of the studied soils

Poziomy Horizons	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C <sub>org</sub> (g·kg <sup>-1</sup> )	N <sub>tot.</sub> (g·kg <sup>-1</sup> )
Gleby organiczne – Histosols				
Powierzchniowe Surface	4,6 3,7-5,4	4,1 3,6-4,7	198,6 146,6-263,3	5,5 2,6-10,1
Podpowierzchniowe Subsurface	4,8 3,0-6,7	4,4 2,9-6,2	68,6 0,1-189,5	2,1 0,01-6,5
Arenosole – Arenosols				
Powierzchniowe Surface	4,9 4,3-5,5	4,1 3,4-4,7	165,9 3,7-398,2	3,54 0,15-8,7
Podpowierzchniowe Subsurface	5,6 4,0-6,1	4,8 3,2-5,4	23,1 0,3-324,0	0,73 0,01-7,8
Gleby glejowe – Gleysols				
Powierzchniowe Surface	5,1 4,3-3,6	4,3 3,5-5,7	178,2 92,4-349,5	3,6 2,1-6,2
Podpowierzchniowe Subsurface	5,5 4,7-6,4	4,8 3,8-5,6	31,8 0,9-163,5	1,00 0,2-3,5

**Tabela 3.** Zawartość metali ciężkich w badanych glebach  
**Table 3.** Heavy metals content in the studied soils

Metale ciężkie – Heavy metals (mg·kg <sup>-1</sup> )					
Poziomy – Horizons	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb
Gleby organiczne – Histosols					
Powierzchniowe Surface	16,8 1,1-66,9	143,9 5,2-319,1	111,1 3,2-264,8	25,0 6,1-67,0	483,1 23,6-1384,4
WA Accumulation factor	25,8	29,9	35,6	9,5	27,4
Podpowierzchniowe Subsurface	7,0 0,2-27,6	44,6 1,4-349,2	36,4 1,4-166,6	11,4 2,1-49,1	213,4 5,9-939,5
Podłoże mineralne Mineral Substrate	0,7 0,2-1,2	4,8 2,3-6,8	3,5 1,4-7,7	3,5 2,1-5,7	16,1 7,5-38,4
Arenosole – Arenosols					
Powierzchniowe Surface	5,5 1,0-9,3	9,5 3,2-17,9	17,2 4,1-35,3	7,4 2,9-11,2	200,4 48,6-463,0
WA Accumulation factor	11,2	1,7	12,8	2,1	32,9
Podpowierzchniowe Subsurface	1,9 0,1-12,3	8,0 1,3-43,6	5,3 1,2-49,7	4,4 2,6-17,2	54,0 2,9-591,4
Skała macierzysta Bedrock	0,5 0,1-0,8	7,9 1,3-20,7	2,0 1,2-4,4	3,7 2,6-5,3	6,2 2,9-10,7
Gleby glejowe – Gleysols					
Powierzchniowe Surface	6,0 1,2-15,3	5,4 3,0-6,8	17,8 5,6-40,8	4,5 2,3-8,1	185,1 22,4-477,4
WA Accumulation factor	4,8	2,5	8,3	1,6	8,3
Podpowierzchniowe Subsurface	2,9 0,5-10,3	6,7 1,6-19,6	9,0 1,5-38,6	9,9 2,4-51,7	108,9 9,5-627,6
Skała macierzysta Bedrock	2,7 0,5-6,3	2,4 1,6-3,5	2,1 1,5-2,5	2,7 2,7-2,8	17,0 11,1-25,0

Niższe zawartości metali ciężkich, które oznaczano w arenosolach oraz glebach glejowych, należy wiązać z uboższą, w porównaniu do gleb organicznych zawartością materii organicznej, do której metale ciężkie wykazują duże powinowactwo. Zależności stwierdzone w badanych glebach potwierdzają wysokie wartości współczynników korelacji pomiędzy zawartością większości badanych

metali a zawartością węgla organicznego (tab. 4). Podobne powiązania opisali Kabata Pendias i Pendias (1999), Łabętowicz i Rutowska (2001), Becher (2011), Marchard i in. (2011) oraz Jonczak (2014) wykazując, że materia organiczna w znaczący sposób ogranicza mobilność metali ciężkich w glebie, zmniejszając jednocześnie ich fitotoksyczność. Jednak w przypadku zmiany warunków siedliskowych wywołanych np. odwodnieniem, w glebach hydrogenicznych może zmienić się kierunek procesów pedogenicznych i gleby z fazy akumulacji mogą przejść w fazę decesji (Kölli i in. 2010, Nicia i in. 2014). W wyniku odwodnienia materia organiczna może ulec mineralizacji, a związane z nią metale ciężkie mogą zostać uwolnione i działać fitotoksycznie na środowisko naturalne (Nicia i in. 2014). Proces taki ma szczególne znaczenie w przypadku gleb organicznych z terenu Bagien Błędowskich, w których w ciągu ostatnich kilkunastu lat znacznie obniżył się poziom wód a część ich przeszła w fazę decesji.

**Tabela 4.** Współczynniki korelacji r-Pearsona pomiędzy zawartością węgla organicznego a ilością metali ciężkich w poziomach powierzchniowych badanych gleb

**Table 4.** Pearson correlation coefficients between organic carbon and heavy metals content in the surface horizons of studied soils

Gleby – Soils		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb
Arenosole Arenosols		0,65	0,92*	0,99*	0,70	0,81
Gleby glejowe Gleysols	C <sub>org.</sub>	0,99*	0,56	0,99*	0,90	0,99*
Gleby organiczne Histosols		0,82 *	0,91*	0,97*	-0,34	-0,36

\* istotne przy  $\alpha = 0,05$  – significant at  $\alpha = 0.05$ .

W części badanych gleb (P1, P3, P4, P5, P7, P11, P12, P13, P14), zawartość analizowanych metali ciężkich była związana ich odczynem. Odczyn ma znaczny wpływ na adsorpcję metali a także ich mobilność oraz akumulację w glebie (Kabata-Pendias i Pendias 1999). Wyższe zawartości badanych metali występowały w poziomach charakteryzujących się niskimi wartościami pH. Podobne interakcje pomiędzy zawartościami metali ciężkich a wartościami pH gleb opisali De Matos i in. (2001), Weng i in. (2002), Hernandez i in. (2003), Bielicka-Giełdon (2012) oraz Akan i in. (2013). Szczególnie jest to widoczne w przypadku wysokiego zanieczyszczenia gleb ołowiem oraz kadmem.

Zawartość metali ciężkich w glebach jest związana z czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi (Gawroński 2002, Niesiobędzka 2004, Węglarzy 2007). W przy-

padku Bagien Błędowskich obecność metali ciężkich w glebach należy wiązać z długotrwałą depozycją pyłów metalonośnych z aglomeracji śląskiej. Pyły te, zawierając badane metale wzbogacały wierzchnie poziomy gleb przyczyniając się do ich stopniowego zanieczyszczania.

Potwierdzeniem antropogenicznego pochodzenia większości badanych metali ciężkich są ich wysokie wartości współczynników akumulacji, które znacznie przekraczają 1 dla większości oznaczanych metali w badanych glebach (tab. 2). Stosunkowo niskie wartości WA obliczono dla Cr w przypadku arenosoli oraz Ni w przypadku gleysoli. W porównaniu do innych oznaczanych metali ciężkich, niższe wartości WA dla Cr i Ni sugerują, że zawartość tych pierwiastków w poziomach powierzchniowych jest częściowo związana z ich zawartością w skale macierzystej lub też w podłożu mineralnym, na którym wykształciły się gleby organiczne (Koncewicz-Baran i Gondek 2010).

Według kryteriów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów, jakości ziemi (Dz. U. 2002., Nr 165, poz.1359), zawartość Cd i Pb we wszystkich badanych glebach przekraczała wartości dopuszczalne dla gleb grupy A (obszarów poddanych ochronie). Zawartości Cd i Pb w profilach P1, P3, P4, P5, P7, P8, P10, P12, P13, P14 i P15 przekraczały także wartości dopuszczalne dla gleb grupy B (grunty zaliczane do użytków rolnych). Największe przekroczenia zawartości dopuszczalnych Cd i Pb stwierdzono w profilach P5, P7 i P12 dla oraz dla Cd w profilach P4 i P13, w których zostały przekroczone także wartości dopuszczalne dla gleb grupy C (tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne).

Zawartości Cr w profilach P5, P7, P11, P13 przekroczyły wartości dopuszczalne dla gleb terenów chronionych (grupa A). Stwierdzono także, że zawartość Cr w profilach P5, P7, P13 przekracza również dopuszczalne wartości dla gleb grupy B (grunty zaliczane do użytków rolnych).

W przypadku Cu, dopuszczalne zawartości metali ciężkich dla gleb grupy A zostały przekroczone w profilach P3, P4, P5, P7, P11, P12, P13, P14. Najwyższe zawartości tego pierwiastka występowały w profilach P5, P7, gdzie przekroczyły wartości dopuszczalne dla gleb grupy B (grunty zaliczane do użytków rolnych).

Zawartość Ni w większości przypadków badanych gleb mieściła się w zakresie wartości dopuszczalnych dla gleb terenów chronionych (grupa A). Jedynie w przypadku profili P5 i P10 przekroczyła wartości dopuszczalne dla gleb grupy B.

Obszar Bagien Błędowskich zanieczyszczony metalami ciężkimi wymaga monitoringu ilości metali ciężkich w ich środowisku. Szczególne znaczenie ma to w przypadku gleb organicznych, z których po odwodnieniu, w wyniku wzmożonego procesu mineralizacji materii organicznej, zakumulowane w niej metale ciężkie mogą dostać się do roztworu glebowego i działać fitotoksycznie.

## WNIOSKI

1. Gleby Bagien Błędowskich charakteryzowały się wysoką i silnie zróżnicowaną zawartością metali ciężkich pomiędzy poszczególnymi typami gleb oraz w obrębie analizowanych profili.

2. Według kryteriów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, zawartość Cd i Pb przekraczała wartości dopuszczalne dla gleb terenów chronionych (grupa A), jak również dla gleb gruntów rolnych (grupa B) oraz w niewielkiej części badanych profili także dla gleb terenów przemysłowych, użytków kopalnych, terenów komunikacyjnych (grupa C). Zawartość Cu, Cr, i Ni tylko w części badanych profili glebowych przekraczała wartości dopuszczalne dla gleb terenów chronionych (grupa A) oraz dla gleb grupy B (użytkowanych rolniczo).

3. W badanych glebach, największe przekroczenia dopuszczalnych zawartości metali ciężkich stwierdzono w przypadku Cd (nawet 66-krotnie) i Pb (nawet 27-krotnie). Wysokie stężenia Cd, Pb, Cu, Cr, Ni w poziomach powierzchniowych badanych gleb są związane z depozycją pyłów metalonośnych z aglomeracji śląskiej, co potwierdzają wysokie wartości współczynników akumulacji. Zawartość Cr w arenosolach oraz Ni w można także wiązać z jego zawartością w skale macierzystej.

4. Spośród badanych typów gleb, najbardziej zanieczyszczone metalami ciężkimi były gleby organiczne. Zawartość większości badanych metali ciężkich była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością węgla organicznego, co potwierdziła analiza statystyczna uzyskanych wyników badań.

## PIŚMIENNICTWO

- Akan J.C., Audu S.I., Mohammed Z., Ogugbuaja V.O., 2013. Assessment of Heavy Metals, pH, Organic Matter and Organic Carbon in Roadside Soils in Makurdi Metropolis, Benue State, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 4, 618-628.
- Becher M., 2011. Specjacja węgla organicznego i wybranych metali ciężkich w glebie torfowo-murszowej. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 11, 4(36), 31-42.
- Bielicka-Giełdoń A., 2012. Problematyka zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, Publikacja w ramach projektu, "Współpraca nauki i biznesu przyszłością Pomorza" finansowanego ze środków UE EFS, <http://www.innowrota.pl/node/240>.
- De Matos A. T., Fontes M.P.F., Da Costa L.M., Martinez M.A., 2001. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils. *Environmental Pollution*, 111, 429-435.
- Gawroński K., 2002. Zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi i siarką na tle struktury funkcjonalno-przestrzennej gmin województwa małopolskiego. *Środokowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska*, 17, 379-401.

- Hernandez L., Probst A., Probst J.L., Ulrich E., 2003. Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. *The Science of the Total Environment*, 312, 195-219.
- Jonczak J., 2014. Vertical distribution of Cu, Ni and Zn in Brunic Arenosols and Gleyic Podzols of the Supra-flood terrace of the Słupia River as affected by litho-pedogenic factors. *Forest Research Papers*, 75(4), 333-341.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa, 111-112, 156-157, 221-226, 279-281, 337.
- Kõlli R., Asi E., Apuhtin V., Kauer K., Szajdak L.W., 2010. Chemical properties of surface peat on forest land in Estonia. *Mires and Peat*, 6, 1-12.
- Komisja V Genezy, Kartografii i Systematyki Gleb PTG, 2011. *Systematyka Gleb Polski* wyd. 5. *Roczniki Gleboznawcze*, 62(3), 69-142.
- Koncewicz-Baran M., Gondek K., 2010. Zawartość pierwiastków śladowych w glebach użytkowanych rolniczo. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*. 14, PAN, Kraków, 65-74.
- Łabętowicz J., Rutkowska B., 2001. Czynniki determinujące stężenie mikroelementów w roztworze glebowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 6, 75-85.
- Marchand C., Allenbach M., Lallier-Verges E., 2011. Relationships between heavy metals distribution and organic matter cycling in mangrove sediments (Conception Bay, New Caledonia). *Geoderma*, 160, 3-4.
- Nicia P., Bejger R., Błońska A., Zadrożny P., Gawlik A. 2014. Characteristics of the habitat conditions of ash-alder carr (*Fraxinio-Alnetum*) in the Błędowskie Swamp. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(2), 1227-1232.
- Niesiołowska K., 2004. The mobility and bioavailability of heavy metals in soil environment. *Inżynieria i Ochrona*, 7, 3-4.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dz.U. Nr 165, poz. 1359*.
- Sapek A., Sapek B., 1997. *Metody analizy chemicznej gleb organicznych*. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
- Schejbal-Chwastek M., Tarkowski J., 1988. Mineralogia przemysłowych pyłów atmosferycznych i ich wpływ na zmiany geochemii środowiska w parkach narodowych południowej Polski. *Prace mineralogiczne* 80, 9-87.
- Węglarzy K., 2007. Metale ciężkie – źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko. *Wiadomości Zootechniczne*, 3, 31-38.
- Weng L., Temminghoff E.J.M., Lofts S., Tipping E., van Riemsdijk W.H., 2002. Complexation with Dissolved Organic Matter and Solubility Control of Heavy Metals in a Sandy. *Soil Environmental Science Technologic*, 36, 4804-4810.
- WRB 2014. *World reference Base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports 106, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

ASSESSMENT OF HEAVY METALS POLLUTION  
IN THE BŁĘDOWSKIE SWAMP SOILS

*Paweł Zadrożny<sup>1</sup>, Paweł Nicia<sup>1</sup>, Joanna Kowalska<sup>1</sup>, Romualda Bejger<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Soil Science and Soil Protection, University of Agriculture  
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków  
e-mail: rzadroz@cyf-kr.edu.pl

<sup>2</sup>Department of Physics and Agrophysics, West Pomeranian University of Technology  
ul. Papieża Pawła IV/3, 71-459 Szczecin

**Abstract.** The objective of the study was the estimation of the degree of heavy metal contamination of the soils of the Błędowskie Swamp and the determination of correlation between the content of organic carbon in the soils and their concentration of heavy metals. It was found that the Błędowskie swamp soils are characterised by high and highly diversified heavy metal concentration between different soil types as well as different levels of soil. On the basis of an analysis of the results obtained it can be concluded that the contents of Cd and Pb in the studied soils exceeded the allowed values for soils of protected areas (Group A), as well as for soils of agricultural lands (Group B) and, in a small part of the studied soil profiles, for soils of industrial areas, fossil sites, and transport route areas (Group C). Only in a part of the soil profiles studied the content of Cu, Cr and Ni exceeded the allowed values for soils of protected areas (Group A). Statistical analysis of the results showed that the content of most of the heavy metals in soils of Błędowskie swamp was significantly positively correlated with organic carbon content.

**Keywords:** heavy metals, soil, Błędowskie Swamps