

MAREK PAJĄK, MICHAŁ JASIK*

**POZIOM AKUMULACJI CYNKU, KADMU I OŁOWIU
W WIERZCHNIEJ WARSTWIE GLEB LEŚNYCH
W SĄSIĘDZTWIE HUTY CYNKU „MIASTEczKO ŚLĄSKIE”**

Streszczenie

Oznaczono skażenie metalami ciężkimi (Zn, Pb i Cd) ścióły i wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm) lasów znajdujących się w sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”. Zawartość metali ciężkich określono metodą ASA. Na podstawie przeprowadzanych analiz stwierdzono znaczne skażenie metalami ciężkimi środowiska leśnego, przy czym ich stężenia malały wraz z odległością od emitora.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie środowiska, metale ciężkie, gleba, pierwiastki śladowe

Wstęp

Metale ciężkie stanowią uniwersalny i powszechnie stosowany wskaźnik zanieczyszczeń środowiska. Szczególnie, jeśli bierzemy pod uwagę powierzchniowe warstwy gleby oraz niektóre gatunki roślin, zwłaszcza mchów i porostów [Panek 2000]. Nadmiar metali ciężkich zmienia skład chemiczny środowiska prowadząc do zakłócenia homeostazy panującej w ekosystemach, co z kolei stwarza zagrożenie dla ich naturalnej egzystencji [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Drobnoustroje, rośliny oraz zwierzęta reagują na te pierwiastki zahamowaniem rozwoju lub nawet śmiercią. Ponadto toksyczne metale zmniejszają żyzność gleb i wywołują zmiany w łańcuchach żywieniowych. Jednym z bardziej narażonych na zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi są ekosystemy leśne. Same w sobie stanowią odrębny układ charakteryzujący się bogatą różnorodnością biologiczną, a także odmiennością zachodzących tam procesów, lecz równocześnie pełnią rolę najlepszego filtra i pochłaniacza zanieczyszczeń powietrza. Las ma zdolność wyłączenia z obiegu metali ciężkich, które ulegają akumulacji w jego poszczególnych komponentach na różny, czasem nawet bar-

* Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

dzo długi okres. Jednak nadmierna koncentracja pierwiastków śladowych powoduje destabilizację tego układu, co poza stratami gospodarczymi ma dużo poważniejsze znaczenie w stratach, jakie powstają z pełnienia szeroko pojętych pozaprodukcyjnych funkcji lasu [Ciepał 1992]. Celem niniejszej pracy było określenie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi (Zn, Pb, Cd) środowiska leśnego w sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”.

Material i metodyka

Prace badawcze zostały przeprowadzone na terenie Nadleśnictwa Świerklańiec w Obrębie Brynica w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie” (HCMŚ) zakładu metalurgicznego, w którym pierwszy wytop cynku i ołowiu nastąpił w 1968 roku. Jesienią 2008 roku na przedmiotowym terenie założono 31 powierzchni badawczych o wymiarach 10 x 10 m w regularnej siatce kwadratów 1500 m x 1500 m. Powierzchnie badawcze zostały usytuowane na północny wschód i wschód od emitora (HCMŚ), zgodnie z kierunkiem panujących wiatrów. Siatkę starano się tak nałożyć na teren badań, aby powierzchnie były zlokalizowane na dominujących typach siedliskowych lasu tj. borze mieszanym wilgotnym (BMw) i borze mieszanym świeżym (BMśw). Przeważające gleby, na których założono powierzchnie badawcze należą do gleb biellicowych właściwych i glejo-biellicowych właściwych. Na powierzchniach dominowały drzewostany od II do IV klasy [Plan Urządzania Lasu 2004-2013]. Każdej powierzchni zostały przydzielone współrzędne (x, y). W terenie powierzchnie odnaleziono za pomocą odbiornika GPS, a następnie je zastabilizowano. Na każdej nich dokonano poboru próbek warstwy ścioly (O_{1m}) oraz gleby (0-20 cm). Próbki pobierano z czterech narożników oraz środka powierzchni badawczych (tworząc próbkę mieszaną). Zebrane próbki przewieziono do laboratorium, gdzie oznaczono w nich zawartości metali ciężkich (Pb, Zn, Cd) przy użyciu spektrofotometru atomowego AA 20 Varian. Przed oznaczeniem metali ciężkich zarówno próbki glebowe jak i ściolę spalano w 60% HClO₄. W próbkach zgodnie z metodami podanymi przez Ostrowską i in. [1991] oznaczono również: skład granulometryczny (metodą areometryczną) oraz pH w H₂O i KCl (metodą potencjometryczną). Przeprowadzono również prostą analizę statystyczną za pomocą porządku rang Spearmana w programie STATISTICA 8.0 oraz wykonano zobrazowania graficzne przedstawiające zanieczyszczenie metalami ciężkimi badanych gleb w programie ArcMap.

Wyniki

Na 20 powierzchniach w wierzchniej warstwie (0-20 cm) badanych gleb wystąpiły utwory o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego, na 8

utwory o składzie piasku gliniastego (lekkiego i mocnego), a na 3 o składzie gliny (lekkiej i ciężkiej). Wartości pH badanych próbek wahały się od 3,60 do 4,80 w H₂O i od 2,85 do 4,23 w KCl w ściocie oraz od 3,35 do 4,71 pH w H₂O i od 2,60 do 3,87 pH w KCl w analizowanej warstwie gleb (tab. 1).

Tab. 1. Wartość pH ścioty i wierzchniej warstwy gleby oraz skład granulometryczny wierzchniej warstwy gleb na powierzchniach badawczych

Tab. 1. The pH of litter and topsoil and mechanical composition of the surface layer of soil on the research areas

| Nr pow. | ściota | | gleba (0-20cm) | | |
|---------|-----------------------|----------|------------------------|-----------------------|----------|
| | pH w H ₂ O | pH w KCl | skład granulometryczny | pH w H ₂ O | pH w KCl |
| 1 | 3,73 | 2,95 | psg | 3,94 | 3,06 |
| 2 | 3,78 | 3,14 | pgl | 4,13 | 3,62 |
| 3 | 3,82 | 3,17 | psg | 4,00 | 3,02 |
| 4 | 3,65 | 2,97 | psg | 3,79 | 2,94 |
| 5 | 3,75 | 3,11 | gl | 3,37 | 2,61 |
| 6 | 4,13 | 3,46 | psg | 4,01 | 3,08 |
| 7 | 3,73 | 3,01 | pgm | 3,40 | 2,63 |
| 8 | 3,91 | 3,21 | psg | 3,79 | 2,93 |
| 9 | 3,81 | 3,12 | psg | 4,08 | 3,18 |
| 10 | 3,62 | 2,87 | psg | 3,71 | 2,89 |
| 11 | 3,95 | 3,19 | psg | 4,03 | 3,07 |
| 12 | 3,94 | 3,26 | psg | 3,99 | 3,21 |
| 13 | 3,87 | 3,18 | gś | 3,35 | 2,60 |
| 14 | 4,36 | 3,06 | psg | 4,36 | 3,74 |
| 15 | 3,60 | 2,85 | psg | 3,74 | 2,81 |
| 16 | 3,74 | 2,95 | psg | 3,99 | 3,10 |
| 17 | 3,76 | 3,04 | pgl | 3,74 | 2,89 |
| 18 | 3,70 | 2,96 | pgl | 3,59 | 2,79 |
| 19 | 3,86 | 3,10 | pgl | 3,68 | 2,94 |
| 20 | 4,61 | 3,80 | psg | 4,28 | 3,40 |
| 21 | 3,83 | 3,04 | pgl | 3,89 | 3,04 |
| 22 | 4,31 | 3,64 | pgl | 4,12 | 3,32 |
| 23 | 3,80 | 3,00 | psg | 4,01 | 3,34 |
| 24 | 3,83 | 3,05 | psg | 4,00 | 3,14 |
| 25 | 3,74 | 2,94 | psg | 3,90 | 3,06 |
| 26 | 4,65 | 4,12 | gl | 4,60 | 3,76 |
| 27 | 3,75 | 3,02 | psg | 4,06 | 3,24 |
| 28 | 4,80 | 4,23 | psg | 4,71 | 3,87 |
| 29 | 3,62 | 2,87 | psg | 3,84 | 3,17 |
| 30 | 3,86 | 3,05 | pgm | 3,69 | 3,05 |
| 31 | 3,90 | 3,26 | psg | 4,46 | 3,69 |

gdzie: psg – piasek słabogliniasty, pgl – piasek gliniasty lekki, pgm – piasek gliniasty mocny, GL – glina lekka, gś – glina średnia

Analiza zawartości cynku w próbkach wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm) wykazała znaczne różnice na poszczególnych powierzchniach. Najwyższe stężenie oznaczono w próbkach pobranych z powierzchni nr 20 i 13, gdzie wynosiło odpowiednio 524,36 ppm i 395,31 ppm. Najniższe zawartości oznaczono na powierzchniach nr 1 (11,06 ppm) oraz 11 (19,71 ppm) (tab. 2). Wartość średnią dla badanych stanowisk określono na poziomie 117,42 ppm (tab. 3).

Tab. 2. Odległość (km) powierzchni badawczej od emitora (HCMŚ) oraz stężenie metali ciężkich (ppm) w wierzchniej warstwie gleby (0-20 cm) i w ściółce na powierzchniach badawczych

Tab. 2. Distance (km) of research area from the emitter (HCMŚ) and the concentrations of heavy metals (ppm) in the topsoil (0-20 cm) and litter on the research areas

| Nr powierzchni | Odległość od HCMŚ [km] | Ściółka | | | Gleba (0-20cm) | | |
|----------------|------------------------|---------|-------|---------|----------------|-------|--------|
| | | Zn | Cd | Pb | Zn | Cd | Pb |
| | | [ppm] | | | [ppm] | | |
| 1 | 10,8 | 137,75 | 3,75 | 190,35 | 11,06 | 0,45 | 32,05 |
| 2 | 12 | 368,80 | 8,05 | 190,35 | 38,86 | 1,60 | 104,55 |
| 3 | 5 | 666,75 | 15,90 | 683,35 | 89,91 | 3,45 | 90,55 |
| 4 | 5,6 | 908,00 | 22,20 | 1225,85 | 40,86 | 1,50 | 118,05 |
| 5 | 6,5 | 389,55 | 14,00 | 476,85 | 273,26 | 6,70 | 282,05 |
| 6 | 7,6 | 721,00 | 11,20 | 266,85 | 85,41 | 2,00 | 79,85 |
| 7 | 8,7 | 335,45 | 7,85 | 307,35 | 238,71 | 7,15 | 220,05 |
| 8 | 10 | 281,90 | 6,40 | 187,85 | 53,41 | 1,55 | 84,50 |
| 9 | 11,4 | 329,25 | 6,25 | 246,35 | 23,31 | 0,85 | 39,70 |
| 10 | 12,7 | 203,55 | 3,75 | 151,85 | 32,66 | 1,25 | 51,40 |
| 11 | 14,1 | 166,65 | 3,30 | 231,85 | 19,71 | 0,80 | 33,05 |
| 12 | 4,4 | 776,25 | 29,15 | 830,85 | 72,26 | 1,95 | 108,60 |
| 13 | 5,5 | 659,50 | 15,45 | 504,35 | 395,31 | 8,05 | 465,55 |
| 14 | 6,7 | 320,75 | 7,90 | 155,35 | 19,06 | 0,50 | 78,10 |
| 15 | 8 | 293,75 | 7,80 | 508,85 | 84,26 | 4,05 | 161,60 |
| 16 | 8,4 | 238,25 | 5,70 | 247,85 | 83,56 | 2,10 | 117,20 |
| 17 | 10,8 | 273,95 | 5,20 | 585,85 | 71,36 | 2,60 | 170,05 |
| 18 | 12,2 | 231,30 | 4,85 | 263,35 | 107,61 | 5,10 | 115,05 |
| 19 | 13,7 | 249,30 | 5,70 | 291,85 | 36,46 | 1,05 | 129,40 |
| 20 | 2,5 | 2542,00 | 83,00 | 2108,35 | 524,46 | 11,45 | 709,05 |
| 21 | 3,3 | 730,75 | 24,80 | 833,35 | 348,86 | 6,50 | 473,05 |
| 22 | 4,6 | 881,75 | 21,25 | 635,85 | 284,71 | 4,00 | 706,55 |
| 23 | 6 | 271,50 | 9,75 | 384,35 | 38,31 | 0,65 | 121,95 |
| 24 | 7,5 | 326,15 | 6,30 | 427,85 | 47,66 | 1,20 | 97,10 |
| 25 | 8,9 | 251,60 | 6,60 | 334,35 | 26,71 | 0,35 | 75,00 |
| 26 | 1,3 | 1261,00 | 60,30 | 1333,35 | 173,56 | 3,20 | 56,05 |
| 27 | 2,8 | 1017,00 | 24,25 | 828,35 | 47,91 | 1,20 | 84,30 |
| 28 | 4,3 | 587,00 | 17,00 | 623,35 | 96,21 | 2,00 | 198,55 |
| 29 | 5,7 | 365,60 | 10,35 | 444,85 | 91,71 | 3,45 | 155,70 |
| 30 | 7,2 | 342,25 | 8,55 | 363,35 | 33,66 | 1,45 | 161,45 |
| 31 | 3 | 391,40 | 13,40 | 481,35 | 149,56 | 2,75 | 155,65 |

Tab. 3. Podstawowe charakterystyki statystyczne dla zawartości badanych metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb (0-20 cm) na powierzchniach badawczych

Tab. 3. Basic statistical characteristics for the content of heavy metals studied in the upper layer of soil (0-20 cm) on research plots

| Metal | Minimum [ppm] | Maksimum [ppm] | Średnia [ppm] | Odchylenie standardowe [ppm] | Współczynnik zmienności [%] |
|-------|---------------|----------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| Zn | 11,06 | 524,46 | 117,43 | 126,16 | 107,43 |
| Cd | 0,35 | 11,45 | 2,93 | 2,63 | 89,76 |
| Pb | 32,05 | 709,05 | 176,64 | 175,78 | 99,51 |

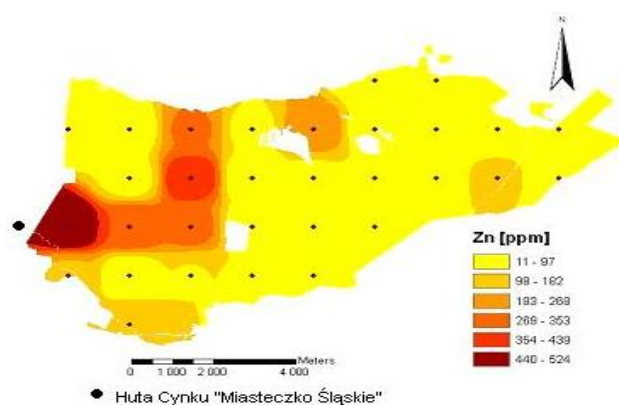
Wykazano istotną korelację dodatnią zawartości cynku w glebie z zawartością ołowiu oraz kadmu w glebie. Wykazano również zmniejszanie się ilości cynku w glebie wraz ze wzrostem odległości od emitora (HCMŚ) (tab. 4). Rozmieszczenie przestrzenne cynku w wierzchniej warstwie gleby (0-20 cm) przedstawia rycina 1.

Tab. 4. Wynik korelacji rang Spearmana

Tab. 4. Results of Spearman rang correlation

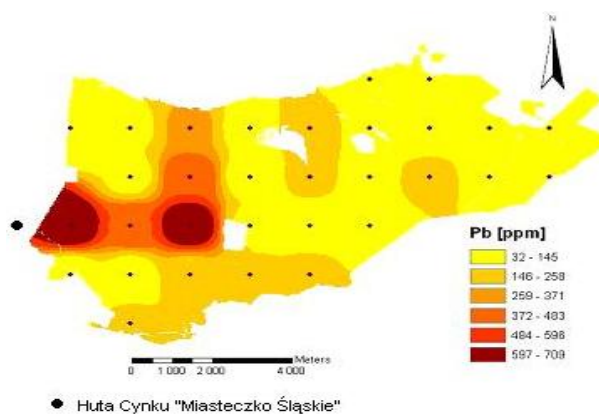
| | | Zawartość metali w ściocie | | | Zawartość metali w glebie | | | |
|----------------------------|------|----------------------------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|
| | | odl. [km] | Zn | Cd | Pb | Zn | Cd | Pb |
| | odl. | 1,000 | -0,841 | -0,920 | -0,812 | -0,600 | -0,407 | -0,411 |
| Zawartość metali w ściocie | Zn | -0,841 | 1,000 | 0,948 | 0,781 | 0,602 | 0,473 | 0,383 |
| | Cd | -0,920 | 0,948 | 1,000 | 0,812 | 0,607 | 0,445 | 0,435 |
| | Pb | -0,812 | 0,781 | 0,812 | 1,000 | 0,618 | 0,501 | 0,529 |
| Zawartość metali w glebie | Zn | -0,600 | 0,602 | 0,607 | 0,618 | 1,000 | 0,936 | 0,729 |
| | Cd | -0,407 | 0,473 | 0,445 | 0,501 | 0,936 | 1,000 | 0,728 |
| | Pb | -0,411 | 0,383 | 0,435 | 0,529 | 0,729 | 0,728 | 1,000 |

gdzie: oznaczone w rewersie współczynniki korelacji są istotne z $p > 0,05$



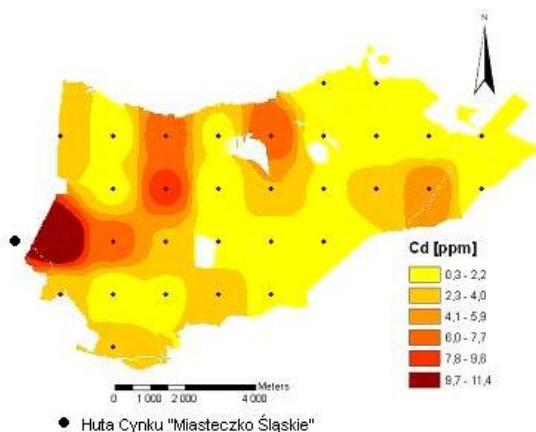
Ryc. 1. Zawartość cynku w wierzchniej warstwie gleb leśnych (0-20 cm) lasów obrębu Brynica w Nadleśnictwie Świerklaniec
 Fig. 1. The zinc content in the surface layer of forest soils (0-20 cm), forest district Brynica in the Świerklaniec forest inspectorate

Wielkość stężenia ołowiu w powierzchniowej warstwie gleb została zobrażowana na rycinie 2. Najwyższymi wartościami cechowały się wierzchnie warstwy gleby na powierzchniach nr 20 i 22, gdzie wynosiły odpowiednio 709,05 ppm i 706,55 ppm. Najniższe stężenia ołowiu odnotowano na powierzchniach nr: 1 (32,05 ppm) oraz 11 (33,05 ppm) (tab. 2). Średnia zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleby wyniosła 176,64 ppm (tab. 3). Stężenie ołowiu w wierzchniej warstwie gleb wykazało również istotną dodatnią korelację z zawartością pozostałych badanych pierwiastków (Cd i Zn) w glebie (tab. 4).



Ryc. 2. Zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleb leśnych (0-20 cm) lasów obrębu Brynica w Nadleśnictwie Świerklaniec
 Fig. 2. The lead content in the surface layer of forest soils (0-20 cm), forest district Brynica in the Świerklaniec forest inspectorate

Najwyższe stężenie zawartość kadmu w powierzchniowej warstwie badanych gleb odnotowano na powierzchni nr 20 (11,45 ppm), a najniższe na powierzchni nr: 25 (0,25 ppm) (tab. 2). Zobrazowanie graficzne zawartości kadmu w wierzchniej warstwie gleb na terenie lasów obrębu Brynica przedstawia rycina 3.



Ryc. 3. Zawartość kadmu w wierzchniej warstwie gleb leśnych (0-20 cm) lasów obrębu Brynica w Nadleśnictwie Świerklaniec

Fig. 3. The cadmium content in the surface layer of forest soils (0-20 cm), forest district Brynica in the Świerklaniec forest inspectorate

Analizując stężenie cynku w ściółce leśnej zauważono dużą różnicę w zawartości tego pierwiastka na powierzchni nr 20 (2542 ppm) w stosunku do pozostałych powierzchni badawczych (tab. 2). Wartość średnia w wierzchniej warstwie gleb wyniosła blisko 533 ppm (tab. 5).

Tab. 5. Podstawowe charakterystyki statystyczne dla zawartości badanych metali ciężkich w ściółce na powierzchniach badawczych

Tab. 5. Basic statistical characteristics for the content of heavy metals in litter on the research areas

| Metal | Minimum [ppm] | Maksimum [ppm] | Średnia [ppm] | Odchylenie standardowe [ppm] | Współczynnik zmienności [%] |
|-------|---------------|----------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| Zn | 137,75 | 2542,00 | 532,89 | 466,39 | 87,52 |
| Cd | 3,30 | 83,00 | 15,16 | 16,85 | 111,18 |
| Pb | 151,85 | 2108,35 | 527,29 | 415,40 | 78,78 |

Badanie korelacji pokazało, że stężenie cynku w ściółce jest silnie skorelowane z zawartością ołowiu i kadmu w ściółce oraz zmianę stężenia wraz z oddala-

niem się od emitora (HCMŚ) (tab. 4). Bardzo wysoką zawartość ołowiu oznaczono w próbce pobranej z powierzchni nr 20 (2108,35 ppm), która położona była najbliżej huty cynku (tab. 2). Średnia zawartość ołowiu w ściółce leśnej kształtowała się na poziomie 527,29 ppm (tab. 5). Również tutaj wykazano wysoki stopień powiązania stężenia ołowiu wobec stężenia pozostałych metali w ściółce oraz istotną ujemną korelacją w stosunku do odległości od emitora (HCMŚ) (tab. 4).

Wysokimi stężeniami kadmu w próbkach ściółki charakteryzowały się powierzchnie usytuowane bardzo blisko emitora (HCMŚ) 20 (83 ppm) oraz 26 (60,3 ppm), a najniższe wartości oznaczono w ściółce z powierzchni 11 (3,30 ppm) (tab. 2). Średnia zawartość kadmu w ściółce wyniosła 15,16 ppm (tab. 5). Bardzo istotny spadek zawartości kadmu w próbkach pobranych z większych odległości od emitora potwierdza wysoki ujemny współczynnik korelacji zawartości kadmu do odległości (tab. 4).

Dyskusja

Metale ciężkie stanowią bardzo duże potencjalne zagrożenia dla środowiska przyrodniczego. Łatwo ulegają włączeniu do obiegu pierwiastków w łańcuchu troficznym oraz posiadają zdolność kumulowania się w różnych komponentach ekosystemu. Badanie wartości pH pobranych próbek glebowych pokazało dość jednoznacznie, iż na wszystkich powierzchniach mamy do czynienia z glebami kwaśnymi. Zwiększa to jeszcze zagrożenie ekologiczne, gdyż jak podają Alloway i Ayres [1999], metale ciężkie w środowiskach glebowych charakteryzujących się niskimi wartościami pH stają się bardziej dostępne biologicznie i stanowią istotny problem. Porównując zawartość metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleb (0-20 cm) obrębu Brynica z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [2002], wyraźnie widać, że ich poziomy przyjęte dla gleb uprawnych są przekroczone. Wysokie stężenie metali ciężkich w glebach leśnych przy ich niskim odczynie klasyfikuje lasy obrębu Brynica jako ekosystem o zagrożonej stabilności ekologicznej. Uzyskane wyniki dotyczące poziomu akumulacji cynku w glebach obrębu Brynica są wyższe niż wartości podawane przez Terelaka i in. [1997 cyt. za Greszta i in. 2002] jako średnie dla kraju (33 ppm). Również wielkość 40 ppm podana przez Kabatę-Pendias i Pendiasa [1999] jako średnia dla kraju jest znacznie niższa od uzyskanych wyników badań. Tylko część spośród powierzchni położonych ponad 6,5 km od huty oscylowała w okolicach wartości średnich dla kraju. Poziom metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleb powierzchni badawczych bardziej koresponduje z wynikami uzyskiwanymi w rejonach skażonych. Gancarczyk-Gola i Palowski [2005] określili zawartość metali ciężkich w okolicach huty cynku w Bukownie. Zakresy stężeń cynku (50,9-288,61 ppm), kadmu (0,43-6,51 ppm) i ołowiu

(69,79-190,78 ppm) są zbliżone do wartości oznaczonych w obrębie Brynica. Tylko powierzchnie bezpośrednio sąsiadujące z hutą „Miasteczko Śląskie” przekraczały znacznie te wartości (pow. nr 20). Stężenia metali ciężkich oznaczone w wierzchnich warstwach gleb obrębu Brynica przekraczają znacznie wartości uzyskane w terenach uznawanych za nieskażone. W Puszczy Białowieskiej badania przeprowadzili Gancarczyk-Gola i Palowski [2005], stężenia metali ciężkich oznaczone w wierzchnich warstwach gleb puszczy mieściły się w zakresach: 1,86-10,32 dla Pb i 0,81-1,61 dla kadmu. Są to wartości kilka (w przypadku kadmu), a nawet kilkadziesiąt razy (dla ołowiu) niższe od oznaczonych na badanym terenie. Świadczyć to może o dużym skażeniu środowiska leśnego obrębu Brynica. Na badanym terenie znacznie wyższe wyniki uzyskał Rostański [1997], stwierdził on koncentracje cynku, ołowiu i kadmu w okolicach Huty Cynku Miasteczko Śląskie na poziomach 5000 ppm (Zn), 1400 ppm (Pb) i 60 ppm (Cd). Kloke [1978 cyt. za Greszta i in. 2002] przedstawił stężenia metali ciężkich toksyczne dla roślin, w przypadku kadmu otrzymane wyniki są wyższe od uznanych za toksyczne przez Kloke’go na 1/3 powierzchni obrębu, a w przypadku ołowiu na ok. 60% powierzchni. W przypadku ołowiu wartości te są przekroczone nawet 7-krotnie. Można, więc stwierdzić, iż znaczna część wierzchnich warstw (0-20 cm) gleb na terenie obrębu Brynica jest narażona na wyższe od tolerowanych przez rośliny stężenia metali ciężkich. Stwierdzone w wierzchniej warstwie gleb (0-20 cm) oraz w warstwie ściółki, wysokie stężenia zwłaszcza ołowiu, mogą świadczyć o wyraźnym wpływie Huty Cynku Miasteczko Śląskie. Ołów bowiem jest pierwiastkiem słabo migrującym w profilu glebowym, a znaczne nagromadzenie w wyższych poziomach gleb świadczy o pochodzeniu antropogenicznym [Panek 2000]. Przeprowadzona analiza korelacji zawartości metali ciężkich w poziomach organicznych wykazała wyraźną zmianę kumulacji wszystkich badanych pierwiastków wraz z odległością od emitora. Podobnie wyniki w swoich badaniach uzyskał Zwoliński [1999]. Na powierzchniach oddalonych ponad 10 km od huty stwierdzono 10-krotnie mniej ołowiu, niemal 20-krotnie mniej cynku i 25-krotnie mniej kadmu, niż na powierzchniach zlokalizowanych do 2,5 km od huty. Wyraźna zmiana zawartości wraz z odległością od huty „Miasteczko Śląskie” potwierdza tylko negatywny wpływ tego kombinatu na środowisko przyrodnicze Obrębu Brynica. Najwyższą koncentrację metali ciężkich wykazały warstwy organiczne gleb leśnych co potwierdzają również badania Panek [2000] i Zwolińskiego [1999]. Skażenie poziomów organicznych metalami ciężkimi nieznacznie różniło się od wyników uzyskanych w II strefie zanieczyszczeń przemysłowych w 1990 roku na powierzchniach w GOP [Zwoliński 1995]. Wartości średnie zawartości kadmu (15,16 ppm) w poziomach organicznych gleb obrębu Brynica były wyższe od tych określonych w II strefie GOP (10 ppm), natomiast stężenia ołowiu i cynku nieco niższe. Wartości średnie zawartości Zn i Pb uzyskane w próchnicy typu moder w borach sosnowych przez Rusek i in. [2005] były 5-10 razy niższe od

tych uzyskanych w obrębie Brynica nadleśnictwa Świerklaniec. Fakt ten potwierdza istotne skażenie środowiska leśnego badanego obrębu.

Wnioski i stwierdzenia

- Wyniki badań wierzchnich warstw gleb leśnych (0-20 cm) obrębu Brynica wskazują, że są one zbudowane w zdecydowanej większości z silnie kwaśnych utworów piaszczystych. Właściwości te wskazują na potencjalnie duże zagrożenie tych gleb na skutek zanieczyszczenia badanymi pierwiastkami.
- Analiza zawartości pierwiastków śladowych (Zn, Pb, Cd) w wierzchnich warstwach badanych gleb (0-20 cm) oraz ścioly wykazała wysoki stopień zanieczyszczenia. Bardzo duże zawartości kadmu i ołowiu pozwalają zaliczyć badany teren do wyjątkowo silnie skażonych obszarów Polski.
- Wysokie stężenia metali ciężkich (Zn, Pb, Cd) w wierzchniej warstwie gleb i ścioly, a szczególnie ołowiem (jako słabo migrującym w profilu glebowym) oraz potwierdzona statystycznie istotna ujemna korelacja zawartości tych metali wraz z odległością od huty cynku „Miasteczko Śląskie”, potwierdza znany negatywny wpływ tego kombinatu na sąsiadujące z nim tereny.
- Statystyczna analiza danych opisujących zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby oraz ścioly na badanym terenie wskazuje na silne powiązanie występowania ze sobą Zn, Pb i Cd. Oznacza to, że powierzchnie leśne o dużym stężeniu jednego z tych metali będą charakteryzowały się również wysoką zawartością dwóch pozostałych.

Literatura

1. ALLOWAY B.J., AYRES D.C. *Chemiczne podstawy zanieczyszczeń środowiska*. PWN Warszawa 1999
2. CIEPAŁ R. Przenikanie S, Pb, Cd, Zn, Cu i Fe do biomasy oraz gleby ekosystemu leśnego (na przykładzie wschodniej części województwa katowickiego) znaczenie bioindykacyjne. Katowice 1992
3. GANCARCZYK-GOLA M., PALOWSKI B. Metale ciężkie i pH powierzchniowych warstw gleby wokół centrów przemysłowych oraz na terenach wolnych od zanieczyszczenia. *Roczniki Gleboznawcze*, tom LVI, nr 1/2, 59-66. Warszawa 2005
4. GRESZTA J., GRUSZKA A., KOWALKOWSKA M. *Wpływ emisji na ekosystem*. Wydawnictwo Naukowe „Śląsk” Katowice 2002
5. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa 1999

6. OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZEBIAŁKA Z. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1991.
7. PANEK E. *Metale śladowe w glebach i wybranych gatunkach roślin obszaru polskiej części Karpat*. IGSMiE PAN Kraków 2000
8. Plan Urządzania Lasu Nadleśnictwa Świerklaniec na okres gospodarczy 1.01.2004 do 31.12.2013. RDLP w Katowicach.
9. ROSTAŃSKI A. Zawartość metali ciężkich w glebie i roślinach z otoczenia niektórych emitorów zanieczyszczeń na Górnym Śląsku. *Archiwum Ochrony Środowiska*, vol. 23 no. 3-4, 181-189, 1997
10. Rozporządzenie Min. Rolnictwa i Rozwoju Wsi Dz. U. Nr 37, poz. 344, 2002
11. RUSEK A., KABAŁA C., DROZDOWSKA J. *Zawartość ołowiu, cynku i miedzi w wybranych typach próchnic leśnych Dolnego Śląska*. *Roczniki Gleboznawcze* tom LVI, nr 1/2, 137-146. Warszawa 2005
12. ZWOLIŃSKI J. Effects of emissions from non-ferrous metal Works on forest environment – the role of heavy metals in forest degradation. *Journal of the Forest Research Institute. Series A*. 809, 1-86, 1995
13. ZWOLIŃSKI J. Zmiany zawartości metali ciężkich oraz aktywności mikrobiologicznej w glebach borów sosnowych na terenie Polski południowo-zachodniej w latach 1988-1997. *Prace IBL seria A*, nr 872, 104-118, 1999

THE LEVEL OF Zn, Cd AND Pb ACCUMULATION IN TOP LAYER OF FOREST SOIL IN THE NEIGHBOURHOOD OF METALLURGIC COMPLEX „MIASTECZKO ŚLĄSKIE”

S u m m a r y

The aim of this paper was to determine the heavy metals (Zn, Pb, Cd) pollution in forest environment in Brynica district of Forest inspectorates Świerklaniec. Determination of their accumulation in top layer of soils horizon and forest litter. Samples of top layer of soils (0-20 cm) and forest litter were taken at 31 systematically located points on the 1500 x 1500 m grid in July 2008. The heavy metals contents were measured by Atomic Absorbction Spectrometry (AAS). The concentration of trace elements was diverse in dependence of studied metal and distance from metallurgic complex "Miasteczko Śląskie". The highest concentrations of studied trace elements were marked in close neighbourhood of „Miasteczko Śląskie". Metal pollutants are likely to be contained close to their emission source, these concentrations showed negative correlation with distance from metallurgic complex. The highest accumulations were noted in forest litter. The analyses have confirmed considerable contamination of heavy metals of forest environment in Brynica district.

Key words: environment pollution, heavy metals, soil, trace elements