

Andrzej JAGUŚ<sup>1</sup>, Janusz KOZAK<sup>1</sup> i Mariusz SKRZYPIEC<sup>1</sup>

## WYSTĘPOWANIE METALI ŚLADOWYCH W GLEBACH GÓRSKICH - BADANIA W REJONIE MASYWU MAGURKI WILKOWICKIEJ\*

### OCCURRENCE OF TRACE METALS IN MOUNTAIN SOILS: A STUDY IN THE MAGURKA WILKOWICKA RANGE

**Abstrakt:** Występowanie pierwiastków śladowych w środowisku jest ważnym wskaźnikiem zanieczyszczenia antropogenicznego. Badano zawartość metali w glebach terenów górskich, postrzeganych na ogół jako tereny niezanieczyszczone. W 2011 roku pobrano i przeanalizowano 50 próbek glebowych z rejonu Magurki Wilkowieckiej, oznaczając pH oraz zawartości: As, Ba, Cr, Sn, Zn, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb i Hg. Odczyn określono w granicach pH 3,7-8,8, natomiast stężenia metali były następujące (w ppm): As - do 38,7, Ba - 19,8-265,0, Cr - 13,4-44,9, Sn - do 13,5, Zn - 49,2-1504,0, Cd - do 6,71, Co - do 10,7, Cu - 2,93-54,2, Mo - poniżej 5, Ni - 7,44-30,9, Pb - 14,7-346,0, Hg - 0,041-0,85. Stwierdzono, że stężenia wielu metali przekraczały poziomy uznawane za naturalne. Dodatkowo stężenia As, Zn i Pb nierzadko przekraczały wartości dopuszczalne dla gruntów rolniczych i leśnych, określone w polskich przepisach prawnych. Niektóre metale (np. Co) występowały w większych ilościach w sąsiedztwie terenów zurbanizowanych u podnóża masywu. Z kolei gleby w najwyższej położonych partiach badanego obszaru, zajęte przez łąki górskie, wyróżniało zanieczyszczenie arsenem i ołowiem. Badania wykazały też istnienie zależności pomiędzy stężeniami metali a odczynem gleb. Przykładowo wyższe stężenia rtęci notowano w glebach kwaśnych, a baru w glebach zasadowych.

**Słowa kluczowe:** tereny górskie, użytkowanie ziemi, zakwaszenie gleb, zanieczyszczenie gleb, metale śladowe

Metale śladowe są składnikiem środowisk glebowych na całym świecie jako pochodna chemizmu skały macierzystej oraz procesów geologicznych i glebotwórczych [1]. Są one zazwyczaj zasorbowane przez cząstki mineralne (np. minerały ilaste, wodorotlenki żelaza) i organiczne (np. związki humusowe), przy czym ich immobilizacja (unieruchomienie) bądź mobilność zależy od wielu czynników [2], między innymi od odczynu gleby. W sytuacji naturalnego pochodzenia ich stężenia są niskie (z wyjątkiem lokalnych koncentracji uwarunkowanych litologicznie) i nie stanowią zagrożenia dla organizmów żywych. Jednak powszechne wpływy antropogenne, zwłaszcza depozycja zanieczyszczeń z atmosfery [3], ale też np. gospodarka nawozowa bądź stosowanie środków ochrony roślin, często prowadzą do niebezpiecznego nagromadzenia tych substancji w glebach. Obecność metali śladowych jest zatem dobrym indykatorem nasilenia oddziaływań antropogenicznych na środowisko glebowe. Monitoring zanieczyszczenia metalami ma duże znaczenie dla bezpieczeństwa ekologicznego, gdyż zanieczyszczenia te wpływają negatywnie na aktywność biologiczną gleb (i co za tym idzie produktywność), a także mogą przedostawać się do tkanek roślin [4]. Koncentrację metali w glebach Polski cechuje duże zróżnicowanie przestrzenne [5], co uzasadnia potrzebę oceny zanieczyszczenia na poziomie lokalnym.

<sup>1</sup> Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, tel. 33 827 91 87, fax 33 827 91 01, email: ajagus@ath.bielsko.pl, jkozak@ath.bielsko.pl, mariusz-skrzypiec@wp.pl

\*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnottówek, 23-26.10.2013

W przeprowadzonych badaniach analizowano zawartość metali śladowych w glebach górskich masywu Magurki Wilkowieckiej (szczyt sięga 909 m n.p.m.). Masyw ten stanowi zachodni skraj pasma Beskidu Małego [6], w rejonie miasta Bielsko-Biała (rys. 1). Badaniami objęto partie szczytowe masywu oraz jego południowo-zachodnie skłony (rys. 1), opadające ku Bramie Wilkowieckiej (oddzielającej Beskid Mały od Beskidu Śląskiego) i rozlokowanej tam miejscowości Wilkowice. Celem prac było rozpoznanie występowania metali śladowych w glebach górskich, różnie eksponowanych na wpływy antropogenne. Celem była również ocena stopnia ewentualnego zanieczyszczenia gleb metalami w kontekście weryfikacji powszechnego postrzegania obszarów górskich jako niezanieczyszczone.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań (zaznaczono jako czworobok). Źródło: Google Earth

Fig. 1. Location of the study area (marked as a tetragon). Source: Google Earth

## Metody

Na badanym obszarze pobrano 50 próbek glebowych (z głębokości do 10 cm) o masie 200-300 g, które umieszczono w bawełnianych workach. Miejsca pobrania dobrano tak, aby cechowało je zróżnicowanie wysokościowe (od partii szczytowych oddalonych od terenów zurbanizowanych do zagospodarowanego podnóża masywu) oraz użytkowe (grunty leśne, łąkowe, orne, nieużytki itp.). Próbki, po przetransportowaniu do laboratorium, wysuszono do stanu powietrzno suchego, następnie usunięto z nich części przeszkadzające (np. szkło, kamienie, korzenie), zhomogenizowano w moździerzu agatowym oraz przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm, zgodnie z metodyką

państwowego monitoringu środowiska [5]. Tak przygotowany materiał poddano analizom na odczyn oraz zawartość 12 metali śladowych (As, Ba, Cr, Sn, Zn, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Hg), wymienionych w rozporządzeniu ministra środowiska, określającym standardy jakości gleby [7].

Odczyn próbek glebowych oznaczono w wodzie destylowanej (kwasowość czynna) według następującej procedury: 1) zalanie 10 g gleby 50 cm<sup>3</sup> wody destylowanej; 2) wytrząsanie przez 5 minut; 3) pozostawienie próbek na 20 godzin; 4) wytrząsanie przed pomiarem; 5) pomiar elektrometryczny pH-metrem firmy VWR.

Do oznaczenia zawartości 11 metali (metoda nie obejmuje rtęci) z każdej próbki odważono po 0,5 g materiału. Został on zalany 12 cm<sup>3</sup> wody królewskiej w specjalnej tubie teflonowej (równolegle przygotowano próbkę zerową z certyfikowanym materiałem odniesienia). Materiał w tubach mineralizowano w rotorze mineralizatora mikrofalowego Mars firmy CEM. Po mineralizacji zawartość tub przeniesiono do pojemników plastikowych i uzupełniono wodą destylowaną do objętości 50 cm<sup>3</sup>. Końcowego oznaczenia dokonano metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie (ICP-OES) z wykorzystaniem spektrometru firmy VARIAN.

Oznaczenie zawartości rtęci przeprowadzono, wykorzystując analizator Ra-915+ (spektrometr absorpcji atomowej) firmy LUMEX. W przypadku próbek glebowych do analizatora stosowano przystawkę RP-91C, w której następuje piroliza, polegająca na termicznym uwolnieniu rtęci ze stanu związanego do atomowego. Spaliny z uwolnionymi atomami rtęci są poddawane spektroskopii zeemanowskiej w urządzeniu podstawowym. Zgodnie z procedurą, równolegle z próbkami gleby przeanalizowano próbkę zerową z oczyszczonym i wyprażonym piaskiem morskim.

## Wyniki i dyskusja

Wszystkie oznaczane metale zalicza się do grupy tzw. pierwiastków cyklicznych. Są one zdolne do różnorodnych i odwracalnych reakcji chemicznych - dają wielokrotnie te same charakterystyczne związki [8]. W badanych próbkach glebowych występowały w zróżnicowanych ilościach - zawartość niektórych sięgała kilkuset ppm i więcej, a niektórych nie przekraczała kilku ppm. Mimo takiej rozpiętości stężeń, każdy z nich powinien być postrzegany w kategoriach substancji niebezpiecznej toksykologicznie, a zwłaszcza te, które nie pełnią żadnych funkcji fizjologicznych, czyli arsen, kadm, ołów i rtęć [5].

Arsen (As) zarejestrowano w stężeniach do 38,7 ppm (średnio 13,7 ppm), przy czym w 3 przypadkach nie był wykrywalny (poniżej 5 ppm). Jego przeciętne zawartości w glebach różnych krajów określa się na 0,2-16,0 ppm [8], natomiast w Polsce stężenie dopuszczalne na terenach pozaprzemysłowych wynosi 20 ppm [7]. Próg ten był przekroczony w 9 spośród 50 analizowanych próbek. Stężenia ponadnormatywne występowały wbrew przewidywaniom nie w rejonie Wilkowic, lecz w najwyższych partiach badanego obszaru, tj. w strefie wierzchwinowej masywu Magurki Wilkowskiej. Dotyczyło to gleb zajętych przez górskie użytki zielone, a więc bardziej ekspozowanych na depozycję atmosferyczną w porównaniu do gleb terenów leśnych.

Bar (Ba) jest traktowany jako zanieczyszczenie, gdy występuje w glebie (na terenach pozaprzemysłowych) w stężeniu ponad 200 ppm [7]. Na badanym obszarze tylko w jednej

próbce stwierdzono takie przekroczenie (w 4 próbkach występowało powyżej 100 ppm baru). Zakres stężeń baru wynosił od 19,8 do 265 ppm - średnio występował on w ilości 70,1 ppm. W partiach wierzchwinowych masywu stężenia raczej nie przekraczały 50 ppm, zaś wartości maksymalne były charakterystyczne dla podnóży, tj. gleb terenów zabudowanych.

Chrom (Cr) występował w ilościach od 13,4 do 44,9 ppm (średnio 24,4 ppm), które odpowiadają warunkom naturalnym [7, 8]. W rozkładzie przestrzennym nie stwierdzono prawidłowości w występowaniu chromu. Najwyższe stężenia zarejestrowano co prawda w części centralnej badanego obszaru, lecz nie korespondowały z określoną formą zagospodarowania gruntów.

Cyna (Sn), podobnie jak chrom, występowała w ilościach identyfikujących glebę jako niezanieczyszczoną [7]. W ponad 80% próbek nie została wykryta w zastosowanej metodzie (poniżej 5 ppm), a stężenie maksymalne wynosiło 13,5 ppm. Próbkę, w których określono zawartość cyny, pochodziły ze strefy wierzchwinowej masywu górskiego, zarówno z siedlisk leśnych, jak i darniowych.

Cynk (Zn) jest pierwiastkiem bardzo mobilnym w środowisku glebowym, choć bywa zakumulowany w warstwach powierzchniowych ze względu na tworzenie dość trwałych połączeń z substancją organiczną. Średnia zawartość Zn w glebach różnych krajów mieści się w granicach 30-125 ppm [8]. Według kryteriów Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Puławach, gleby niezanieczyszczone zawierają do 100 ppm tego metalu [5]. Na badanym obszarze cynk występował w średniej ilości 159,9 ppm (w zakresie od 49,2 do 1504 ppm), przy czym ponad 100 ppm dotyczyło 40% próbek. Przekroczenie stężenia 300 ppm, jako dopuszczalnego w glebach terenów pozaprzemysłowych [7], wystąpiło w 5 przypadkach. Zawartości ponadnormatywne były charakterystyczne dla terenów sąsiadujących z zabudową, a zatem wynikały najpewniej z depozycji pyłów metalonośnych.

Kadm (Cd) w glebach niezanieczyszczonych występuje - według IUNG - w ilości poniżej 1 ppm [5], tymczasem przekroczenie tej wartości stwierdzono w 22% próbek. Maksymalnie oznaczono 6,71 ppm, przy czym z drugiej strony w 36% próbek nie udało się oznaczyć tego metalu (stężenia poniżej 0,25 ppm). Według standardów ministerialnych [7], gleby badanego obszaru nie zawierały ponadnormatywnych ilości kadmu z wyjątkiem jednej próbki. Jest to korzystne z uwagi na bardzo łatwe pobieranie Cd z gleby przez rośliny i jego kumulowanie w tkankach na wszystkich poziomach troficznych [9].

Kobalt (Co), podobnie jak kadm, jest łatwo pobierany z gleb przez rośliny, przy czym zawartości nietoksyczne dla roślin mogą być niebezpieczne dla zwierząt i ludzi [10]. Stężenie dopuszczalne na terenach pozaprzemysłowych określono na 20 ppm [7]. Na badanym obszarze w blisko połowie próbek kobalt występował poniżej granicy wykrywalności, tj. poniżej 5 ppm. Maksymalnie oznaczono 10,7 ppm kobaltu (średnio w glebach świata jest obecny w ilości 8 ppm). Wartości najwyższe były rejestrowane w rejonie miejscowości Wilkowiec, jednak nie stanowiły o zanieczyszczeniu gleb.

Miedź (Cu) w warunkach naturalnych występuje w glebach w stężeniu do 40 ppm [5], natomiast na gruntach terenów pozaprzemysłowych dopuszcza się stężenie 150 ppm [7]. W badaniach metal ten występował średnio w ilości 18,3 ppm. Próg 40 ppm został przekroczony tylko w przypadku 4 próbek (lokalizacja stanowisk u podnóża masywu) - maksymalnie oznaczono 54,2 ppm. Zarejestrowane stężenia odpowiadające warunkom

naturalnym są bezpieczne pod względem toksykologicznym. W takich warunkach miedź pełni pozytywne znaczenie dla metabolizmu roślin, biorąc udział w regulacji procesów generatywnych, fotosyntezy i oddychania.

Molibden (Mo) nie został wykryty w próbkach glebowych - jego ewentualna obecność nie przekraczała progu oznaczalności w zastosowanej metodzie, czyli 5 ppm. W związku z tym nie stwierdzono zanieczyszczenia tym metalem, które jest identyfikowane przy stężeniach powyżej 10 ppm [7].

Nikiel (Ni) zarejestrowano w próbkach glebowych w stężeniach od 7,4 do 30,9 ppm ze średnią 15,1 ppm. Takie stężenia odpowiadały zawartościom naturalnym (poniżej 50 ppm) [5] i jednocześnie dopuszczalnym w glebach terenów pozaprzemysłowych (poniżej 100 ppm) [7]. W badaniach wyższe stężenia były związane ze stanowiskami w rejonie miejscowości Wilkowie, co świadczy o pewnym wpływie antropogennym. Stężenia ponadnormatywne są spotykane zwykle jednak na terenach przemysłowych, zwłaszcza związanych z hutnictwem [8].

Ołów (Pb) słabo migruje w środowisku glebowym, stąd też w warunkach naturalnych koncentruje się raczej w poziomach związanych ze skałą macierzystą. Jako tło geochemiczne ołowiu podaje się najczęściej zawartości 25-40 ppm [8]. Nagromadzenie ołowiu w poziomach powierzchniowych jest związane z antropopresją. Efekt ten zaobserwowano w przeprowadzonych badaniach, oznaczając ołów w stężeniach od 14,7 do 346 ppm (średnio 105 ppm). W 36% próbek stężenia przekraczały zawartość dopuszczalną dla gleb terenów pozaprzemysłowych (100 ppm) [7], a w 64% zawartość uznawaną za naturalną (70 ppm) [5]. Przekroczenia były rejestrowane głównie na stanowiskach górskich użytków zielonych w najwyższych partiach masywu. Zagrożenie przedostania się ołowiu do łańcucha troficznego w ekosystemach darniowych jest jednak niewielkie, bowiem metal ten koncentruje się w korzeniach roślin (niebezpieczeństwo dotyczy głównie warzyw korzeniowych).

Rtęć (Hg) jest metalem szczególnie toksycznym, gromadzącym się w glebach (zwłaszcza w materii organicznej) i organizmach żywych [11]. Jej dopuszczalną zawartość w glebach terenów pozaprzemysłowych określono na 2 ppm [7], natomiast za naturalną zawartość przyjmuje się zakres 0,05-0,3 ppm [8]. W badanych próbkach oznaczono od 0,04 do 0,85 ppm tego metalu (średnia wyniosła 0,19 ppm). Nie stwierdzono prawidłowości w rozkładzie przestrzennym stężeń.

Dane literaturowe wskazują [8, 12], że występowanie w środowisku glebowym metali śladowych jest w dużej mierze uzależnione od odczynu gleby. Określony odczyn może bowiem sprzyjać gromadzeniu się metalu bądź jego asymilacji lub migracji poza profil glebowy. Generalnie, wraz ze wzrostem zakwaszenia wzrasta mobilność wielu metali (np. As, Zn, Cd, Co, Ni) oraz intensywność pobierania przez rośliny (np. Ba, Cr<sup>3+</sup>, Zn, Cd, Cu). Odczyn większości badanych próbek (58% przypadków) był niestety bardzo kwaśny, co świadczy o zagrożeniu toksykologicznym w sytuacji występowania ponadnaturalnych stężeń metali. Zróżnicowanie odczynu gleb w przeprowadzonych badaniach wyrażał duży zakres wartości pH - od 3,7 na wierzchołku masywu do 8,8 w rejonie jego podnóża. Skłoniło to do zestawienia zawartości metali w zależności od klasyfikacji kwasowości gleb [13] (tab. 1).

Zestawienie pozwala zauważyć, że: 1) arsen występował w większych stężeniach w glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych; 2) największa koncentracja baru była

charakterystyczna dla gleb alkalicznych; 3) różnemu odczynowi gleb nie odpowiadało zróżnicowanie stężeń chromu; 4) koncentracja cynku była najmniejsza przy odczynie bardzo kwaśnym i stosunkowo wysoka przy odczynie obojętnym i alkalicznym (wysokie, średnie stężenie dla odczynu kwaśnego jest dyskusyjne ze względu na wystąpienie bardzo dużego, jednorazowego maksimum); 5) więcej miedzi było obecne w glebach obojętnych i alkalicznych; 6) zawartość niklu nieco rosła wraz ze wzrostem pH; 7) największe ilości ołowiu występowały w glebach bardzo kwaśnych; 8) zawartość rtęci wyraźnie obniżała się przy wroście alkalizacji. Próba sformułowania spostrzeżeń dotyczących występowania cyny, kadmu, kobaltu i molibdenu przy różnym odczynie jest trudna ze względu na częsty brak ich wykrywalności w próbkach.

Tabela 1

Średnie zawartości metali śladowych [ppm] w glebach przy różnym odczynie

Table 1

Mean concentrations [ppm] of trace metals in soils with different pH

Klasa odczynu gleby [13]	pH w H <sub>2</sub> O [13]	As	Ba	Cr	Zn
bardzo kwaśny	≤ 5,0	17,7	54,8	24,2	81,0
kwaśny	5,1-6,0	8,3	95,8	26,4	358,5
lekko kwaśny	6,1-6,7	6,6	70,2	20,7	137,9
obojętny	6,8-7,4	6,7	97,4	26,2	314,7
alkaliczny	≥ 7,5	6,7	127,0	23,9	238,5
		Cu	Ni	Pb	Hg
bardzo kwaśny	≤ 5,0	15,6	12,3	129,0	0,23
kwaśny	5,1-6,0	17,4	19,2	79,7	0,21
lekko kwaśny	6,1-6,7	9,6	15,4	43,7	0,10
obojętny	6,8-7,4	34,7	21,9	81,6	0,09
alkaliczny	≥ 7,5	34,6	21,2	58,3	0,08

## Wnioski

1. Środowisko glebowe obszarów górskich południowej Polski może być zanieczyszczone niektórymi metalami śladowymi, czego dowiodły badania w rejonie masywu Magurki Wilkowickiej.
2. Zanieczyszczenie metalami występuje zarówno w partiach wierzchwinowych na odkrytych terenach darniowych (zwłaszcza arsenem i ołowiem), jak i u podnóży masywu, w sąsiedztwie terenów zurbanizowanych (zwłaszcza cynkiem).
3. Wpływ infrastruktury komunalno-transportowej na koncentrację niektórych metali (baru, kobaltu, miedzi, niklu) jest widoczny, mimo że występują one w stężeniach nieidentyfikowanych jako zanieczyszczenie.
4. Stężenia wielu metali śladowych (np. arsenu, baru, rtęci) są zróżnicowane w glebach o różnym odczynie.
5. Gleby terenów górskich są na ogół zakwaszone, co należy traktować jako czynnik sprzyjający przenikaniu wielu metali do łańcucha pokarmowego.

## Literatura

- [1] Baran S, Turski R. Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. Lublin: Wyd AR w Lublinie; 1996.
- [2] Dube A, Zbytniewski R, Kowalkowski T, Cukrowska E, Buszewski B. Adsorption and migration of heavy metals in soil. Pol J Environ Stud. 2001;10(1):1-10.

- [3] Kyllönen K, Karlsson V, Ruoho-Airola T. Trace element deposition and trends during a ten year period in Finland. *Sci Total Environ.* 2009;407:2260-2269. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.11.045.
- [4] Wyszowska J, Kucharski J. Właściwości biochemiczne i fizykochemiczne gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi. *Zesz Probl Post Nauk Roln.* 2003;492:435-442.
- [5] Siebielec G, Smreczak B, Klimkowicz-Pawlas A, Maliszewska-Kordybach B, Terelak H, Koza P, et al. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012 (raport końcowy). Puławy: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB; 2012.
- [6] Kondracki J. *Geografia regionalna Polski.* Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1998.
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *DzU* 2002, Nr 165, poz. 1359.
- [8] Kabata-Pendias A, Pendias H. *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.
- [9] Zhang HZ, Li H, Wang Z, Zhou LD. Accumulation characteristics of copper and cadmium in greenhouse vegetable soils in Tongzhou District of Beijing. *Procedia Environ Sci.* 2011;10:289-294. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.047.
- [10] Chaney RL, Oliver DP. Sources, potential adverse effects and remediation of agricultural soil contaminants. In: *Contaminants and the soil environment in the Australasia-Pacific Region: proceedings of the conference in Adelaide.* Naidu R, Kookana RS, Oliver DP, Rogers S, McLaughlin MJ, editors. Dordrecht-Boston: Kluwer Academic; 1996:323-359.
- [11] Carrasco-Gil S, Siebner H, LeDuc DL, Webb SM, Millán R, Andrews JC, et al. Mercury localization and speciation in plants grown hydroponically or in a natural environment. *Environ Sci Technol.* 2013;47(7):3082-3090. DOI: 10.1021/es303310t.
- [12] Ociepa E, Ociepa-Kubicka A, Okoniewska E, Lach J. Immobilizacja cynku i kadmu w glebach w wyniku stosowania substratów odpadowych. *Rocznik Ochrona Środowiska/Annual Set The Environment Protection.* 2013;15:1772-1786.
- [13] Kowalik S. *Zagadnienia z gleboznawstwa dla studentów inżynierii środowiska.* Skrypt nr 1654. Kraków: Akademia Górniczo-Hutnicza; 2004.

## OCCURRENCE OF TRACE METALS IN MOUNTAIN SOILS: A STUDY IN THE MAGURKA WILKOWICKA RANGE

<sup>1</sup> Institute of Environmental Protection and Engineering, University of Bielsko-Biala

**Abstract:** Occurrence of trace elements in soils is an important indicator of anthropogenic pollution. The research concerned concentrations of trace metals in soils of mountainous regions, generally considered as non-contaminated areas. In 2011, 50 soil samples were taken from the Magurka Wilkowiecka area and analyzed by determining their pH and concentrations of As, Ba, Cr, Sn, Zn, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb and Hg. The values of pH ranged between 3.7 and 8.8, and concentrations of metals were as follows [ppm]: As - up to 38.7, Ba - 19.8-265.0, Cr - 13.4-44.9, Sn - up to 13.5, Zn - 49.2-1504.0, Cd - up to 6.71, Co - up to 10.7, Cu - 2.93-54.2, Mo - under 5, Ni - 7.44-30.9, Pb - 14.7-346.0, Hg - 0.041-0.85. It was reported that concentrations of many metals exceeded levels which are considered natural. Furthermore, concentrations of As, Zn and Pb frequently exceeded permitted limits for agricultural and forest grounds, set forth in Polish regulations. Some metals (eg Co) occurred in higher concentrations near urbanized areas at the foothills of the range. Whereas soils in the highest sections of the research areas, with mountain meadows, were characterized by contamination with arsenic and lead. The research also proved correlation between concentrations of metals and pH of soils. For instance, higher concentrations of mercury were reported in acid soils, while barium - in alkaline soils.

**Keywords:** mountain areas, land use, soils acidification, soils pollution, trace metals

