

Izabela BOJAKOWSKA, Dariusz LECH
Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

ZRÓŻNICOWANIE ZAWARTOŚCI PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W TORFACH WYSTĘPUJĄCYCH NA OBSZARZE POLSKI

Streszczenie. Określono zawartość pierwiastków śladowych (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Th, Tl, U, V i Zn) metodą spektrometrii mas ze wzbudzeniem plazmowym w 96 próbkach torfów różnego typu i rodzaju. Koncentracje pierwiastków śladowych w torfach były niskie, maksymalna zawartość miedzi wynosiła 22 mg/kg, cynku - 31 mg/kg, arsenu - 7 mg/kg, kadmu - 0,3 mg/kg, niklu - 6 mg/kg, ołowiu - 9 mg/kg. Stwierdzono zróżnicowanie w zawartości pierwiastków śladowych w zależności od typu i rodzaju torfów. Torfy niskie charakteryzowały się wyższymi koncentracjami większości zbadanych pierwiastków w porównaniu do torfów wysokich. Torfy wysokie wyróżniają się jedynie nieznacznie wyższą zawartością ołowiu, cynku i antymonu. Wśród torfów niskich najwyższe koncentracje pierwiastków są obserwowane w torfach olesowych, a najniższe w torfach mechowiskowych.

VARIANCE OF TRACE ELEMENTS CONTENTS IN PEATS OCCURRED IN POLAND AREA

Summary. As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Th, Tl, U, V and Zn contents were determined in 96 different type and kind peat samples by using ICP-MS method. Trace element concentrations in peats were low, maximum copper contents were 22 mg/kg, zinc - 31 mg/kg, arsenic - 7 mg/kg, cadmium - 0,3 mg/kg, nickel - 6 mg/kg, lead - 9 mg/kg. The variance of trace element contents depending on of type and kind of peats were observed. Fen peats (minerotrophic bogs) characterize the higher concentration of majority trace elements. Raised bog peats (ombroprophic bogs) distinguish slightly increased contents of lead, antimony and zinc. Among the fen peats the highest concentrations of trace elements are observed in the alder peats while the lowest contents - in the moss peats.

1. Wstęp

Torfy, najslabiej przeobrażone skały osadowe pochodzenia roślinnego, w większości powstały po ustąpieniu ostatniego zlodowacenia. Torfowiska pokrywają około 3% powierzchni Ziemi (3 850 000 - 4 100 000 km²). W Polsce ponad 49 tysięcy istniejących torfowisk zajmuje łącznie powierzchnię ok. 13 000 km². Wielkość ich jest bardzo zróżnicowana, torfowisk o powierzchni większej niż 10 km² jest zaledwie 230 [1]. W Polsce torfowiska występują na obszarze trzech prowincji: nadmorskiej prowincji południowo-bałtyckiej torfowisk wysokich i lasów liściastych, prowincji północnopolskiej lasów mieszanych, torfowisk niskich i wysokich leśnych, prowincji polsko-północnoniemieckiej lasów mieszanych, torfowisk niskich i wysokich. Duże kompleksy niskich torfowisk dolinnych obecne są w dolinie Biebrzy, Noteci, Tyśmiennicy i Krzny, dolnej Odry, a także w dolinach Obry, Łeby, Warty, Narwi, Omulwi, Szkwy, Pisy, Baryczy. Znaczna ilość torfowisk znajduje się w pasie nadbałtyckim i na obszarze podgórskim.

Torfy powstają w procesie biochemicznych i strukturalnych przemian obumarłych szczątków roślinności bagiennej (torfowiskowej), zachodzących w warunkach silnego uwilgotnienia, zakwaszenia i trwałej anaerobiozy - braku dostępu tlenu. Charakteryzują się one bardzo dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości składników organicznych i pierwiastków, spowodowanym nie tylko tworzeniem się w różnych warunkach tlenowych, ale także w różnych warunkach geologicznych, hydrologicznych, geomorfologicznych, fizyczno-chemicznych i z różnych zespołów roślinnych [2, 3, 4]. Badania torfów z obszaru Estonii wykazały, że chociaż koncentracje pierwiastków śladowych w torfach są na ogół niskie, wykazują one dość znaczne zróżnicowanie w zależności od typu torfu. Najwyższe koncentracje pierwiastków śladowych są charakterystyczne dla torfowisk minerotroficznych, zasilanych przez wody gruntowe lub przepływowe, najniższe dla torfowisk ombrotroficznych zasilanych wyłącznie przez wody opadowe [3]. Występowanie wysokich zawartości pierwiastków śladowych w torfach, porównywalnych do ich zawartości w węglach kamiennych, obserwowane jest w Grecji na obszarach, gdzie występuje mineralizacja [2]. Badania w Norwegii wykazały, że obecność w torfach As, Cd, Pb, Sb i Zn jest w części związana z depozycją zanieczyszczeń transportowanych w atmosferze, obecność Co, Cr, Fe i

Mn - z depozycją pyłów pochodzenia lokalnego, zaś wzbogacenie w Mn i Zn związane jest z włączaniem do obiegu tych składników przez rośliny naczyniowe rosnące na torfowisku [5]. Obecnie około 7% torfowisk jest eksploatowanych na cele rolnicze i leśne z widocznymi negatywnymi następstwami dla środowiska. Dawne zastosowanie torfu jako surowca opałowego obecnie ma znaczenie marginalne, chociaż w Irlandii i Finlandii brykiety z torfu wykorzystywane są nadal w niektórych elektrowniach. Wykorzystanie w rolnictwie i ogrodnictwie torfów o wysokich zawartościach pierwiastków śladowych oraz stosowanie torfów jako paliwa lub do oczyszczania wody może stwarzać zagrożenie dla zdrowia człowieka [6]. Ponadto torfowiska, ze względu na dość częste ich pożary, są źródłem uruchamiania zanieczyszczeń do atmosfery [7].

2. Zakres i metodyka badań

Do badań pobrano 98 próbek pięciu rodzajów torfów - mechowiskowego (*Bryalo-Parvocaricioni*), szuwarowego (*Limno-Phragmitioni*), olesowego (*Alnioni*), turzycowiskowego (*Magnocaricioni*) oraz mszarnego (*Ombro-Sphagnioni*). Próbki pobrano z torfowisk: Puścizna Wielka, Józefowo, Rucianka, Krakulice, Wizna, Całowanie, Karaska, Biebrza Dolna (Bagno Ławki, Osowiec Twierdza, Olszowa Droga, Klimaszewnica), Biebrza Środkowa (Czapliniec Belda, Czarna Wieś, Ważnawieś, Kuligi Trójkąt, Karpowicze, Rezerwat Łokieć), Biebrza Górna (Kamienna, Ostrowiec, Lipsk), Górna Noteć (Kanał Kruszyński, Kołaczkowo, Brzoza, Kobylarnia, Frydrychowo) i Środkowa Noteć (Pawłówek, Gorzeń, Ślesin).

We wszystkich próbkach torfów, poddanych pełnemu rozkładowi określono zawartość Ag, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Sb, Tl, V i Zn metodą ICP-MS (spektrometria mas ze wzbudzeniem plazmowym) przy użyciu aparatu ELAN DRC II, Perkin Elmer (USA). Limity detekcji kobaltu i miedzi wynosiły 0,1mg/kg, dla antymonu, kadmu, molibdenu, srebra i talu – 0,2 mg/kg, dla strontu – 0,5 mg/kg, dla arsenu, baru, cynku, cyny, manganu, niklu, ołowiu i wanadu – 1 mg/kg, a dla chromu – 3 mg/kg.

Przy obliczaniu średniej i średniej geometrycznej oraz wyznaczaniu mediany w przypadku próbek, w których zawartość oznaczanego pierwiastka była poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej, przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji, chociaż rzeczywiste zawartości w niektórych próbkach mogą być niższe.

3. Wyniki i dyskusja

W torfach **antymon** obecny był w zakresie od 0,1 do 1,4 mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła 0,3 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana – 0,2 mg/kg. **Arsen** występował w przedziale stężeń od 0,5 do 70 mg/kg, średnio torfy zawierały 5 mg/kg arsenu. Średnia geometryczna zawartość As w torfach niskich była ponad dwa razy wyższa niż w torfach wysokich.

Tablica 1

Średnie geometryczne zawartości pierwiastków śladowych w torfach

Pierwiastek	Limit detekcji	torfy (n=98)	typ torfu		rodzaj torfu				
			wysokie (n=43)	niskie (n=50)	turzyco-wiskowe (n=15)	szuwarowe (n=9)	olesowe (n=14)	mszarne (n=13)	mechowiskowe (n=12)
			mg/kg						
Antymon	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2
Arsen	1	3	2	5	3	6	7	3	4
Bar	1	38	19	69	58	66	143	22	39
Chrom	3	<3	<3	3	<3	4	7	<3	<3
Cyna	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Cynk	1	25	28	24	21	23	31	35	21
Kadm	0,2	0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,3	<0,2
Kobalt	0,1	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	1,2	0,5	0,5
Mangan	1	42	11	126	126	105	214	11	78
Miedź	0,1	9,8	9,1	12,1	10,1	11,9	22,1	10,0	7,7
Molibden	0,2	0,5	0,4	0,7	0,7	0,8	1,0	0,4	0,6
Nikiel	1	3	3	3	3	4	6	2	2
Ołów	1	7	9	6	5	4	9	12	5
Srebro	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2
Stront	0,5	28	12	56	59	67	68	13	35
Tal	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tor	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,9	0,2	0,2
Uran	0,1	0,2	0,1	0,6	0,5	0,9	2,7	0,1	0,1
Wanad	1	3	2	5	2	7	18	3	2

Spośród zbadanych rodzajów torfy olesowe i szuwarowe charakteryzują się najwyższymi średnimi zawartościami, podczas gdy torfy mszarne najniższymi. Stężenie **baru** w zbadanych

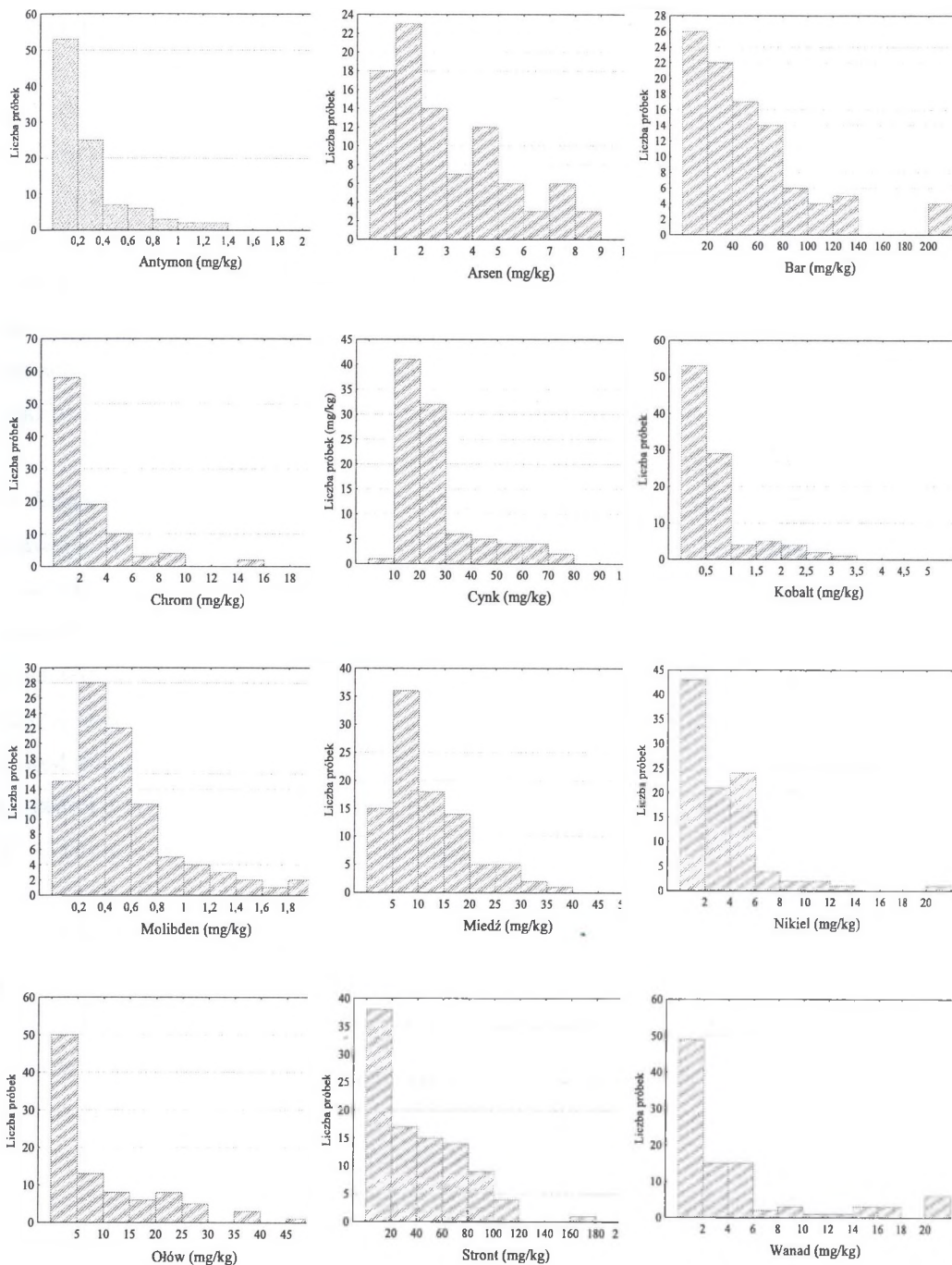
próbkach torfów zmieniało się w zakresie 4 - 421 mg/kg, średnia zawartość Ba wynosiła 59 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana wynosiły odpowiednio 38 i 43 mg/kg. Torfy niskie cechuje znacznie wyższa zawartość baru niż torfy wysokie (tabl. 1).

Wśród torfów niskich bardzo wysoką średnią geometryczną zawartością Ba charakteryzują się torfy olesowe, niższymi szuwarowe i turzycowiskowe, a najniższymi - torfy mszarne i mechowiskowe. **Chrom** występował w przedziale od 1,5 do 39 mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła 3,8 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana odpowiednio 2,5 i 1,5 mg/kg. Torfowiska niskie charakteryzują się ponad dwukrotnie wyższą zawartością tego pierwiastka niż torfy pochodzące z torfowisk wysokich. Najwyższą koncentracją chromu wyróżniają się torfy olesowe, które średnio zawierają 2 – 5 razy więcej chromu niż pozostałe rodzaje torfu, a najniższą zawartością - torfy turzycowiskowe. **Cyna** obecna była w zakresie od <1 do 16 mg/kg, średnia jej zawartość wynosiła 1,8 mg/kg, średnia geometryczna i mediana odpowiednio 1,2 i 1,0 mg/kg. Średnie zawartości cyny w torfach niskich i wysokich są takie same. Torfy olesowe mszarne i szuwarowe charakteryzują się nieznacznie wyższymi średnimi zawartościami cyny. W próbkach torfu **cynk** występował w przedziale zawartości 8 – 199 mg/kg, średnia zawartość cynku wynosiła 31 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana odpowiednio 25 i 21 mg/kg. Torfy wysokie charakteryzowały się wyższymi zawartościami cynku niż torfy niskie i spośród zbadanych rodzajów torfu najwyższymi stężeniami wyróżniały się torfy mszarne. Spośród torfów niskich torfy olesowe zawierają nieco więcej cynku niż pozostałe rodzaje torfów niskich. **Kadm** odnotowano w zakresie zawartości od <0,1 do 1,8 mg/kg, średnia, średnia geometryczna i mediana były poniżej limitu detekcji zastosowanej metody. Nieznacznie podwyższone zawartości kadmu, powyżej 1 mg/kg, stwierdzano przede wszystkim w próbkach torfów mszarnych. **Kobalt** obecny był w stężeniu od <0,2 do 3,5 mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła 0,7 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana - 0,5 mg/kg. Podobnie jak w przypadku większości analizowanych pierwiastków torfy niskie charakteryzują się podwyższą zawartością kobaltu w porównaniu do torfów wysokich. Wśród torfów niskich średnia zawartość kobaltu była najwyższa w torfach olesowych, a najniższa w torfach turzycowiskowych. **Mangan** w torfach występował w stężeniu od 2 do 776 mg/kg; średnio torfy zawierały 115 mg/kg, ale wyznaczona średnia geometryczna i mediana były znacznie niższe, wynosiły odpowiednio 42 i 36 mg/kg. Torfy niskie zawierają blisko 15-krotnie więcej manganu niż torfy wysokie.

Wśród torfów niskich torfy olesowe wyróżniają się około dwukrotnie wyższą zawartością manganu niż pozostałe rodzaje torfów niskich. **Miedź** odnotowano w przedziale zawartości od 0,8 do 193 mg/kg, średnia zawartość wynosiła 15 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana - 10 mg/kg. Wśród torfów duży udział mają próbki o zawartości Cu powyżej 5 mg/kg (rys. 1). Analogicznie do przypadku innych pierwiastków torfy niskie zawierają średnio więcej miedzi niż torfy wysokie, a spośród nich torfy olesowe charakteryzują się około dwukrotnie wyższą zawartością tego pierwiastka niż pozostałe rodzaje torfów. Bardzo niskimi koncentracjami miedzi charakteryzują się torfy mechowiskowe.

Molibden obecny w był w zakresie od $<0,2$ do 5,8 mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła 0,7 mg/kg, średnia geometryczna i mediana - 0,5 mg/kg. Torfy niskie charakteryzują się nieznacznie wyższą średnią geometryczną zawartością molibdenu niż torfy wysokie. Pod względem rodzaju torfów najwięcej molibdenu zawierają torfy olesowe, najmniej torfy mszarne. **Nikiel** odnotowano w zakresie zawartości od 0,5 do 32 mg/kg, średnia zawartość 3,9 mg/kg, średnia geometryczna i mediana - 3 mg/kg. Nie zaobserwowano zróżnicowania w zawartości niklu między torfami niskimi i wysokimi. Torfy olesowe zawierają nieco więcej niklu niż torfy mechowiskowe i mszarne. **Ołów** występował w przedziale 2 – 60 mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła 12 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana – odpowiednio 7 i 5 mg/kg. Zwraca uwagę niższa średnia geometryczna zawartość ołowiu w torfach niskich w porównaniu do torfów wysokich. Wśród torfów niskich torfy olesowe zawierają nieco więcej ołowiu niż pozostałe rodzaje torfów niskich. **Srebro** stwierdzono w zakresie zawartości $<0,2$ do 0,5 mg/kg. Najczęściej było ono poniżej limitu detekcji zastosowanej metody, zawartość srebra powyżej 0,2 mg/kg odnotowano jedynie w 7% zbadanych próbek. **Stront** w torfach występował w zakresie od 4 do 162 mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła 41 mg/kg, a średnia geometryczna i mediana odpowiednio 28 i 34 mg/kg. Torfy niskie zawierają prawie pięć razy więcej strontu niż torfy wysokie.

Tal obecny był w bardzo niskich zawartościach poniżej limitu detekcji. **Tor** stwierdzono był w zakresie od 0,2 do 6,9 mg/kg, jego średnia zawartość wynosiła 0,5 mg/kg, a mediana i średnia geometryczna - 0,2 mg/kg. Wśród zbadanych rodzajów torfu najwyższą średnią geometryczną zawartością charakteryzują się torfy olesowe, a najniższą torfy mszarne i mechowiskowe.



Rys. 1. Histogramy zawartości pierwiastków śladowych w torfach
 Fig. 1. Histograms of trace elements contents in peats

Uran odnotowano w przedziale zawartości od $<0,2$ do $12,6$ mg/kg, jego średnia zawartość wynosiła $1,1$ mg/kg, a średnia geometryczna i mediana - $0,2$ mg/kg. W większości zbadanych próbek zawartość uranu nie przekraczała 1 mg/kg. Torfy niskie cechuje dużo wyższa zawartość uranu niż w torfach wysokich. Średnia zawartość uranu w torfach olesowych jest znacznie wyższa niż w torfach pozostałych rodzajów, szczególnie niskimi zawartościami uranu charakteryzują się torfy mechowiskowe i mszarne. **Wanad** obecny był w przedziale zawartości $1-111$ mg/kg, średnia jego zawartość wynosiła $8,3$ mg/kg, średnia geometryczna i mediana odpowiednio $3,0$ i $2,5$ mg/kg. Torfy wysokie charakteryzowały się znacznie niższą zawartością wanadu niż torfy niskie, a spośród torfów niskich średnia geometryczna zawartość wanadu w torfach olesowych jest kilka razy wyższa niż w torfach pozostałych rodzajów.

Przeprowadzone badania wykazały, że średnie zawartości pierwiastków śladowych w zbadanych torfach są niskie. Porównanie stężenia tych pierwiastków w torfach z obszaru Estonii i Polski wykazuje, że średnie geometryczne zawartości wanadu, chromu, kobaltu, arsenu, manganu, strontu są zbliżone; zawartości miedzi, cynku, ołowiu są dwukrotnie wyższe, zaś stężenia toru uranu i molibdenu znacznie niższe. Podobnie też, w porównaniu z torfami z terenu Rosji, torfy z krajowych złóż zawierają więcej ołowiu, miedzi i cynku i charakteryzują się zbliżonymi zawartościami baru, kobaltu, niklu, ołowiu i wanadu. Można przypuszczać, że podwyższone zawartości Cu, Zn i Pb w torfach z obszaru Polski są spowodowane depozycją tych zanieczyszczeń z atmosfery. Odnotowane niższe stężenia U, Th i Mo w torfach z obszaru Polski w stosunku do ich zawartości obserwowanych w torfach z terenu Estonii można tłumaczyć innym składem skał występujących na obszarze Estonii i Polski, np. większą ilością eratyków skał magmowych pochodzących ze Skandynawii. Jednocześnie torfy z obszaru Polski, Estonii i Rosji charakteryzują się niższymi zawartościami arsenu, baru, miedzi i cynku niż torfy z Filipi (Grecji), które występują na obszarze, na którym stwierdzane są przejawy mineralizacji kruszcowej [2]. W porównaniu do innych skał osadowych stężenia pierwiastków śladowych w zbadanych torfach są niższe od średnich zawartości tych pierwiastków w skałach osadowych ilastych i węglach kamiennych, zaś w porównaniu do węgla brunatnych torfy zawierają jedynie więcej cynku i miedzi, natomiast mniej chromu, kobaltu, molibdenu, niklu, ołowiu i wanadu [8]. W stosunku do humusu glebowego torfy charakteryzują się zbliżoną zawartością kobaltu, miedzi, niklu,

strontu, ale zdecydowanie niższymi zawartościami cynku i ołowiu [9]. W porównaniu do węgla brunatnych torfy zawierają przeciętnie mniej baru, chromu, kobaltu, niklu, strontu i wanadu, porównywalne ilości - arsenu, miedzi i ołowiu i więcej - cynku.

Naturalne zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych w torfach spowodowane jest kształtowaniem się ich w różnych warunkach litologicznych, hydrologicznych, fizyczno-chemicznych i z różnych zespołów roślinnych.

Wpływ warunków hydrologicznych, które decydują o typie torfu, przejawia się w zróżnicowaniu zawartości pierwiastków między obu typami torfów. W torfach niskich stężenia większości badanych pierwiastków są wyższe. Zawartość manganu, uranu, strontu i baru są kilka razy wyższe w torfach niskich w porównaniu do torfów wysokich. Torfy niskie charakteryzują się także wyższą zawartością arsenu, chromu, kobaltu, miedzi, molibdenu i wanadu. Torfowiska niskie powstają w obniżeniach terenu, gdzie gromadzą się wody płynące lub stojące z niewielkim przepływem, charakteryzują się bogatą i różnorodną roślinnością o dużych wymaganiach wodno-pokarmowych. Torfowiska wysokie tworzą się ponad poziomem wód powierzchniowych, najczęściej na niskich wododziałach, zasilane są wodami atmosferycznymi lub wodami stojącymi i charakteryzują się roślinnością mało zróżnicowaną, cechującą się niewielkimi wymaganiami edaficznymi. Kwaśne środowisko sedymentacji, jakie ma miejsce w torfowiskach wysokich, sprzyja mobilności i wymywaniu pierwiastków. W torfowiskach niskich proces ten jest znacznie mniej intensywny ze względu na obojętny lub nawet słabo alkaliczny odczyn środowiska. Na podstawie wyników badań można przyjąć, że wpływ warunków wodnych najsilniej oddziałuje na stężenie Mn, U, Sr i Ba w torfach.

Analizując wyniki badań zauważono zróżnicowanie regionalne w stężeniu pierwiastków śladowych w torfach. Wyższe zawartości chromu, niklu, kobaltu, baru i wanadu występują w torfach na północy kraju niż na południu, co może być związane z odmienną litologią tych terenów. Zaobserwowano także, że zróżnicowanie zawartości arsenu w torfach w większym stopniu uwarunkowane jest miejscem poboru próbki (litologia i warunki sedymentacji) niż wyjściowym materiałem roślinnym, który decyduje o rodzaju torfu.

Stwierdzono zróżnicowanie w stężeniu pierwiastków w różnych rodzajach torfów. Uwarunkowane jest ono różnymi właściwościami roślin pod względem bioprzyswajalności i akumulacji pierwiastków, a także skłonnością roślin do większej

akumulacji pierwiastków w starszych częściach roślin. Z tego ostatniego powodu torfy olesowe mogą charakteryzować się wyższą zawartością pierwiastków śladowych niż pozostałe rodzaje torfów. Olchy, wieloletnie rośliny, zawierają znacznie wyższe koncentracje pierwiastków niż szczątki roślin jednoletnich. Mchy uważane są za bardzo dobry biowskaźnik zanieczyszczenia powietrza, charakteryzują się zminimalizowanym poborem zanieczyszczeń z podłoża [10, 11, 12, 13]. Prawdopodobnie wyższa zawartość ołowiu, cynku i miedzi w torfach wysokich mszarnych i niskich mechowiskowych związana jest z łatwiejszą akumulacją z powietrza tych pierwiastków przez mchy niż przez pozostałe gatunki roślin.

4. Wnioski

1. Zawartości pierwiastków śladowych w torfach są niskie i są one niższe od średnich zawartości tych pierwiastków w skałach osadowych ilastych i węglach kamiennych. W porównaniu do węgla brunatnych torfy zawierają więcej cynku i miedzi, zaś mniej chromu, kobaltu, molibdenu, niklu, ołowiu i wanadu.

2. Zawartości manganu, uranu, strontu i baru są kilka razy wyższe w torfach niskich niż w torfach wysokich. Torfy niskie charakteryzują się także wyższą zawartością arsenu, chromu, kobaltu, miedzi, molibdenu i wanadu. Torfy wysokie wyróżniają się wyższą zawartością ołowiu, cynku i antymonu niż torfy niskie.

3. Stwierdzono zróżnicowanie w stężeniu pierwiastków w zależności od rodzaju torfów. Torfy olesowe charakteryzują się wyższą zawartością pierwiastków śladowych niż pozostałe rodzaje torfów. Dla większości pierwiastków śladowych najniższe ich zawartości obserwowane są w torfach mszarnych. Torfy mszarne wyróżniają się wyższą zawartością cynku i ołowiu w porównaniu do pozostałych rodzajów torfu.

BIBLIOGRAFIA

1. Tobolski K.: Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

2. Christanis K., Georgakopoulos A., Fernandez - Turiel J., Bouzinos A.: Geological factors influencing the concentration of trace elements in the Philippi peatland, eastern Macedonia, Greece. *International Journal of Coal Geology*, 36 (3-4): 295-313, 1998.
3. Orru H., Orru M.: Sources and distribution of trace elements in Estonian peat. *Global and Planetary Change* 53 (4), 249-258, 2006.
4. Kalaitzidis S., Christanis K., Georgakopoulos A., Fernandez-Turiel J., Papazisimou S.: Influence of geological conditions during peat accumulation on trace element affinities and their behavior during peat combustion. *Energy & Fuels*, 16: 1476-1482, 2002.
5. Steinnes E., Hvatum O., Bølviken, Varskog P.: Atmospheric supply of trace elements studies by peat samples from ombrotrophic bogs. *J. Environment. Qual.* 4 (1): 192-197, 2005.
6. Muraleedharan T, Radojevic M., Waugh A., Caruana A.: Emissions from the combustion of peat: an experimental study *Atmospheric Environment* 34 (18), 3033-3035, 2000.
7. Page S., Siegert F., Rieley J., Böhm H., Jaya A., Limin S.: The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, *Nature* 420: 61-65, 2002.
8. Kabata-Pendias A., Mukherjee A.: Trace elements from soil to human. Springer, 2007.
9. De Vos W., Tarvainen T. (Chief-editors), Salminen R., Reeder S., De Vivo B., Demetriades A., Pirc S., Batista M., J., Marsina K., Ottesen R.T., O'connor P.J., Bidovec M., Lima A., Siewers U., Smith B., Taylor H., Shaw R., Salpeteur I., Gregorauskiene V., Halamic J., Slaninka I., Lax K., Gravesen P., Birke M., Breward N., Ander E.L., Jordan G., Duris M., Klein P., Locutura J., Bel-Lan A., Pasieczna A., Lis J., Mazreku A., Gilucis A., Heitzmann P., Klaver G., Petersell V.: *Geochemical atlas of Europe. Part 2, Geological Survey of Finland, Espoo, 2006.*
10. Harmens H., Norris D., Koerber G., Buse A.; Steinnes E.; Rühling Å.: Temporal trends in the concentration of arsenic, chromium, copper, iron, nickel, vanadium and zinc in mosses across Europe between 1990 and 2000. *Atmospheric Environment*, 41 (31): 6673-6687, 2007.
11. Harmens H., Norris D., Koerber G., Buse A.; Steinnes E.; Rühling Å.: Temporal trends (1990 - 2000) in the concentration of cadmium, lead and mercury in mosses across Europe. *Environmental Pollution*, 151 (2): 368-376, 2008.
12. Holoubek I., Korínek P., Seda Z., Scheiderová E., Holubková I., Pacl A., Tríska J., Cudlín P., Cáslavský J.: The use of mosses and pine needles to detect persistent organic pollutants at local and regional scales. *Environ Pollut.* 109 (2): 283-92, 2000.
13. Schintu M., Cogoni A., Durante L., Cantaluppi C., Contu A.: Moss (*Bryum radiculosum*) as a bioindicator of trace metal deposition around an industrialised area in Sardinia (Italy) *Chemosphere* 60 (5): 610-618, 2005.

Recenzent: Dr hab. inż. Bronisława Hanak
Profesor Politechniki Śl.