

Dominik JERZ¹, Małgorzata RAJFUR¹ i Andrzej KŁOS¹

BIOMONITORING BORÓW DOLNOŚLĄSKICH

BIOMONITORING OF THE BORY DOLNOSLASKIE FOREST

Abstrakt: Zbadano stężenia metali ciężkich: Zn, Ni i Cd zakumulowanych w porostach *Hypogymnia physodes* i w mchach *Pleurozium schreberi*, porastających kompleks leśny Borów Dolnośląskich. Stężenia metali oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS). Wyniki zinterpretowano za pomocą współczynników porównawczych (CF). Na ich podstawie wykazano, że na terenach leśnych położonych w kierunku północnym od miejscowości Węglińiec mogą być deponowane zanieczyszczenia, których źródłem jest emisja liniowa i obszarowa z tej miejscowości.

Słowa kluczowe: biomonitoring, mchy *Pleurozium schreberi*, porosty *Hypogymnia physodes*, metale ciężkie, współczynnik porównawczy (CF)

W ostatnich dziesięcioleciach coraz więcej uwagi poświęca się badaniom dotyczącym wykorzystania bioty do oceny zanieczyszczenia środowiska. Na ich podstawie można ocenić jakościowe i ilościowe zmiany zachodzące w środowisku. Organizmy roślinne i zwierzęce wykorzystywane są do badania jakości powietrza, wód i gleby [1]. Jednymi z najczęściej wykorzystywanych do jakościowej i ilościowej oceny zanieczyszczenia aerozolu atmosferycznego są mchy i porosty. Brak tkanki okrywającej powoduje, że w swoich organizmach akumulują duże ilości zanieczyszczeń, m.in. metali ciężkich. Ich analiza umożliwia ocenę zanieczyszczenia badanych obszarów, wyznaczenie źródeł pochodzenia zanieczyszczeń oraz kierunków ich rozprzestrzeniania. Mchy i porosty są także wykorzystywane do oceny zanieczyszczenia środowiska radionuklidami [2] oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi [3].

Prekursorami zastosowania mchów do oceny zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi byli Relling i Tyler [4]. Obecnie metody biomonitoringowe, w których wykorzystywane są mchy i porosty, dzielą się na metody aktywne i pasywne. Biomonitoring aktywny polega na ekspozycji, zazwyczaj na terenach mocno zanieczyszczonych, przemysłowych lub miejskich, próbek pobranych z obszarów niezanieczyszczonych. Po czasie ekspozycji w próbkach oznaczane są przyrosty stężeń zanieczyszczeń. Biomonitoring pasywny polega na analizie składu chemicznego próbek pobranych do badań w miejscu ich vegetacji. Takie badania prowadzone są w wielu krajach europejskich, np. [5]; w Polsce m.in. na obszarze Borów Stobrawskich [6, 7].

Celem badań przedstawionych w tym artykule była ocena zanieczyszczenia obszaru Borów Dolnośląskich wybranymi metalami ciężkimi: Zn, Ni i Cd. Do badań wykorzystano porosty *Hypogymnia physodes* i mchy *Pleurozium schreberi*. Wyniki zinterpretowano, wykorzystując współczynniki porównawcze CF [6].

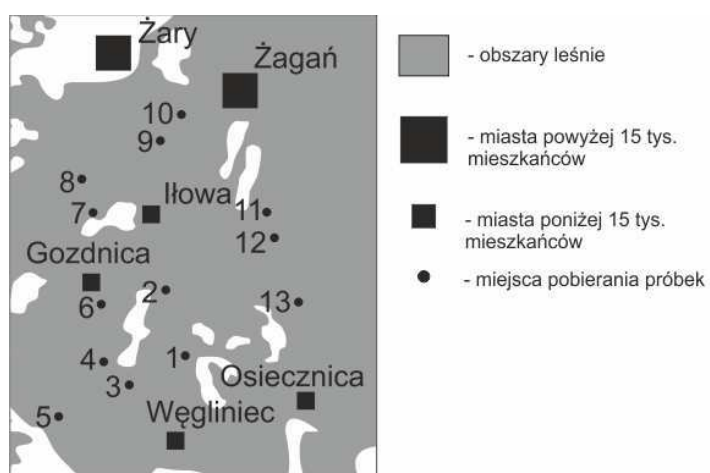
¹ Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 6, 45-032 Opole, tel. 77 401 60 42, fax 77 401 60 51, email: aklos@uni.opole.pl

Charakterystyka obszaru badań

Badania prowadzone były w Borach Dolnośląskich. Jest to jeden z największych kompleksów leśnych w Polsce; zajmuje powierzchnię 172 tys. ha. Obszar ten jest mało zróżnicowany pod względem morfologicznym, większość to tereny równinne. W Borach Dolnośląskich wśród roślin dominującym gatunkiem jest sosna. W podszyciu występuje jałowiec oraz żarnowiec, natomiast w runie leśnym wrzos i borówka. Bory Dolnośląskie są pod wpływem emisji z lokalnych, niskich źródeł oraz emisji odległej, m.in. pochodzącej z zawodowych elektrowni opalanych węglem brunatnym, położonych w Polsce (Elektrownia Turów S.A.) i w Republice Czeskiej.

Metodyka badawcza

Próbki mchów *Pleurozium schreberi* oraz porostów *Hypogymnia physodes* pobierane były z 13 miejsc na terenie Borów Dolnośląskich (rys. 1). W jednym miejscu porosty pobierano z jednego drzewa, z poziomo ułożonych gałęzi świerka lub modrzewia, na wysokości 1,5-2,0 m, natomiast mchy pobierane były z poziomego gruntu w sześciu miejscach wokół drzewa, z którego pobierane były porosty. Po oczyszczeniu z zanieczyszczeń mechanicznych próbki porostów i mchów zmineralizowano w mineralizatorze mikrofalowym MARS-X firmy CEM. Mineralizacji poddawano 1 g próbki. Metale ciężkie: Zn, Ni i Cd oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej w aparacie SOLAR 969 firmy Unicam.



Rys. 1. Miejsca pobierania próbek na terenie Borów Dolnośląskich

Fig. 1. Location of the sampling sites on the Bory Dolnoslaskie forest

Wyniki badań i ich interpretacja

W tabeli 1 zebrano wyniki oznaczeń cynku, kadmu i niklu w próbkach porostów i mchów, wyrażone w mg/g suchej masy (s.m.). Wyznaczono także mediany dla całego obszaru.

Stężenie metali ciężkich w mchach i porostach [mg/g s.m.]

Tabela 1

Concentrations of heavy metals [mg/g d.m.] in mosses and lichens samples

Table 1

Numer próbki	Zn		Ni		Cd	
	Porosty	Mchy	Porosty	Mchy	Porosty	Mchy
1	0,072	0,036	0,0283	0,0146	0,0031	< 0,0015
2	0,109	0,043	0,0432	0,0213	0,0021	< 0,0015
3	0,085	0,044	0,0268	0,0094	0,0031	< 0,0015
4	0,077	0,040	0,0157	0,0030	0,0031	< 0,0015
5	0,073	0,037	0,0250	0,0326	< 0,0015	< 0,0015
6	0,080	0,050	0,0180	0,0340	< 0,0015	0,0028
7	0,059	0,037	0,0398	0,0239	< 0,0015	0,0040
8	0,072	0,043	0,0443	0,0396	0,0024	< 0,0015
9	0,061	0,050	0,0280	0,0481	< 0,0015	< 0,0015
10	0,049	0,044	0,0116	0,0092	0,0034	0,0026
11	0,085	0,032	0,0535	0,0325	0,0023	0,0033
12	0,120	0,036	0,0319	0,0030	< 0,0015	< 0,0015
13	0,083	0,041	0,0433	0,0188	0,0051	0,0032
Me	0,077	0,041	0,0283	0,0213	0,0023	< 0,0015

Porównanie wyników badań z wynikami badań przeprowadzonych na obszarze Borów Stobrawskich w 2006 r. [8] wskazuje na mniejsze zanieczyszczenie cynkiem badanych obszarów. W porostach pobieranych do badań na obszarze Borów Stobrawskich wartość mediany wyznaczona dla cynku zakumulowanego w porostach wynosiła 0,113 mg/g s.m. Większe natomiast były wartości mediany wyznaczone dla niklu i kadmu w porównaniu z porostami pobranymi z obszaru Borów Stobrawskich (odpowiednio: 0,00478 i 0,00138 mg/g s.m.). W większości próbek mchów i w części próbek porostów stężenie kadmu było poniżej granicy oznaczalności aparatu (0,03 mg/dm³).

W celu oceny bieżącej depozycji metali ciężkich na obszarze Borów Dolnośląskich wyznaczono współczynnik porównawczy (*Comparison Factor - CF*):

$$CF = \frac{2 \cdot (c_{i(p)} - c_{i(m)})}{c_{i(p)} + c_{i(m)}}$$

gdzie: $c_{i(p)}$ - stężenie i -tego analitu w porostach, $c_{i(m)}$ - stężenie i -tego analitu w mchach. Wartość współczynnika $CF > 0,62$ może wskazywać na bieżącą depozycję i -tego analitu [6].

W tabeli 2 zebrano wyznaczone wartości współczynników CF .

Na mapach na rysunku 2 zaznaczono obszary, dla których obliczone wartości współczynników CF były większe od 0,62.

Zaznaczone na rysunku 2 obszary charakteryzują się dużymi wartościami $CF > 0,62$, wyznaczonymi dla cynku, niklu i kadmu. Ich położenie, w kierunku północnym od miejscowości Węglińiec, wskazuje, że miasto to może być potencjalnym źródłem ich emisji. Głównymi źródłami emisji w mieście są źródła liniowe. W Węglińcu znajduje się duży węzeł kolejowy i stacja przeladunkowa [9]. Nie bez znaczenia jest także emisja niska

z gospodarstw domowych i lokalnych kotłowni. W 2010 r., uwzględniając kryteria ustanowione w celu ochrony zdrowia, pod względem opadu pyłu PM10 powiat zgorzelecki, w którego skład wchodzi Gmina Węgliniec, podobnie jak całe województwo dolnośląskie, zostały zaklasyfikowane do klasy C. Pod kątem ochrony zdrowia w odniesieniu do Ni, Cd i Pb województwo dolnośląskie zaklasyfikowano do klasy A [10].

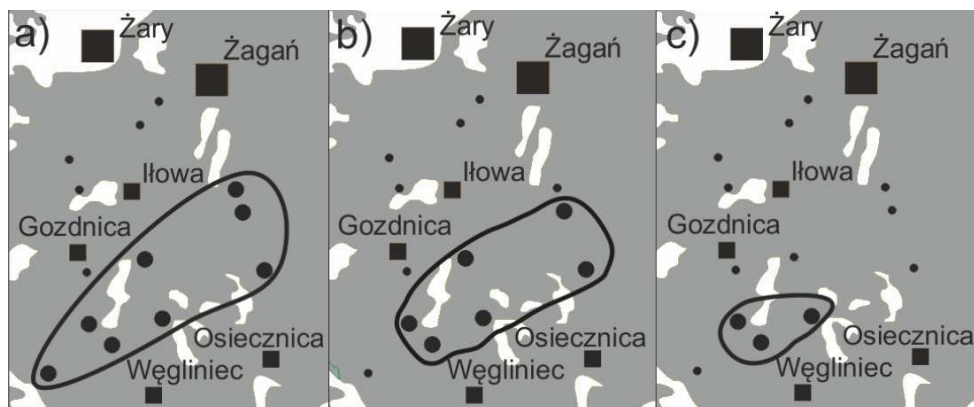
Tabela 2

Współczynniki *CF* wyznaczone dla badanych metali

Table 2

Comparison factor *CF* determined for the research metals

Numer próbki	Zn	Ni	Cd
1	0,67	0,64	> 0,69
2	0,87	0,68	> 0,32
3	0,63	0,97	> 0,70
4	0,62	1,36	> 0,69
5	0,65	-0,26	-
6	0,45	-0,62	-0,62
7	0,45	0,50	-0,91
8	0,50	0,11	> 0,46
9	0,21	-0,53	-
10	0,12	0,23	0,28
11	0,91	0,49	-0,34
12	1,07	1,66	-
13	0,68	0,79	0,44



Rys. 2. Obszary prawdopodobnej depozycji: a) Zn, b) Ni i c) Cd wyznaczone na podstawie współczynników $CF > 0,62$

Fig. 2. The areas of probable deposition: a) Zn, b) Ni, c) Cd determined on the basis of the coefficients $CF > 0.62$

Podsumowanie i wnioski

Metody biomonitoringowe są coraz częściej wykorzystywane do oceny zanieczyszczenia środowiska. W porównaniu z tradycyjnymi technikami monitoringowymi jest to prosty i tani sposób oceny źródeł zanieczyszczeń oraz kierunków ich rozprzestrzeniania.

Przeprowadzone badania wskazują na lokalną depozycję metali ciężkich w kierunku północnym od miejscowości Węgliniec. Ich prawdopodobnym źródłem jest emisja liniowa i obszarowa z tej miejscowości.

Literatura

- [1] Traczewska T. Biologiczne metody oceny skażenia środowiska. Wrocław: Oficyna Wyd Politechniki Wrocławskiej; 2011.
- [2] Kłos A, Rajfur M, Waclawek M, Waclawek W. ^{137}Cs transfer from local particulate matter to lichens and mosses. *Nukleonika*. 2009;54(4):297-303.
- [3] Ciesielczuk T, Olszowski T, Prokop M, Kłos A. Application of mosses to identification of emission sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Ecol Chem Eng S*. 2012;19(4):585-595. DOI: 10.2478/v10216-011-0041-8.
- [4] Rajfur M, Kłos A, Gawlik D, Hyšplerova L, Waclawek M. Akumulacja metali ciężkich w mchach *Pleurozium schreberi* eksponowanych w pobliżu toru wyścigów samochodowych w Kamieniu Śląskim. *Proc ECOpole*. 2010;4(2):477-482.
- [5] Harmens H, Norris DA, Steinnes E, Kubin E, Piispanen J, Alber R, i in. Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ Pollut*. 2010;158:3144-3156.
- [6] Kłos A, Rajfur M, Šrámek I, Waclawek M. Use of lichen and moss in assessment of forest contamination with heavy metals in Praded and Glacensis Euroregions (Poland and Czech Republic). *Water Air Soil Pollut*. 2011;222(1-4):367-376. DOI:10.1007/s11270-011-0830-9.
- [7] Kłos A, Rajfur M, Šrámek I, Waclawek M. Mercury concentration in lichen, moss and soil samples collected from the forest areas of Praded and Glacensis Euroregions (Poland and Czech Republic). *Environ Monit Assess*. 2012;184:6765-6774.
- [8] Kłos A. Porosty w biomonitoringu środowiska. Opole: Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego; 2009.
- [9] Program ochrony środowiska i plan gospodarki odpadami dla gminy i miasta Węgliniec na lata 2005-2008 z perspektywą na lata 2009-2012. Poznań: BBF Sp. z o.o.; 2005.
- [10] Ocena poziomów substancji w powietrzu oraz wyniki klasyfikacji stref województwa dolnośląskiego za 2010 rok. Wrocław: WIOŚ; 2011.

BIOMONITORING OF THE BORY DOLNOSLASKIE FOREST

Chair of Biotechnology and Molecular Biology, Opole University

Abstract: Concentrations of the following heavy metals was studied: Ni, Zn and Cd, which were accumulated in lichen *Hypogymnia physodes* and moss *Pleurozium schreberi*. The plants were growing in the Bory Dolnoslaskie (Lower Silesia Forest) area. Concentrations of the metals were determined with Atomic Absorption Spectrometry (AAS). The results were interpreted using the comparison factors (CF). The CF values demonstrated that in the forest areas located in the north direction from the town Węgliniec, pollutants can be deposited from the linear and surface emission sources, located in this town.

Keywords: biomonitoring, moss *Pleurozium schreberi*, lichen *Hypogymnia physodes*, heavy metals, comparison factor (CF)