

## METALE CIĘŻKIE W OSADACH DENNYCH TRZECH PŁYTKICH JEZIOR ŁĘCZYŃSKO-WŁODAWSKICH

*Katarzyna Szafran*

Katedra Hydrobiologii i Ichtiobiologii, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin,  
e-mail: kszafran@ursus.ar.lublin.pl

**Streszczenie.** W latach 2001-2002 badano zawartość metali ciężkich w osadach dennych jezior Syczyńskie, Sumin, Rotcze. Wyniki badań wskazują, że stężenia metali ciężkich w osadach jezior Sumin i Rotcze były dodatnio skorelowane z zawartością substancji organicznej, przy  $p \leq 0,05$ . Natomiast w jeziorze Syczyńskim nie stwierdzono korelacji pomiędzy substancją organiczną i metalami ciężkimi. Osady jezior Sumin i Rotcze charakteryzowały się strefowym rozmieszczeniem stężeń analizowanych składników. W jeziorze Syczyńskim nie obserwowano strefowego zróżnicowania zawartości metali ciężkich. We wszystkich badanych jeziorach stężenia metali układały się w następujący szereg: Zn>Pb>Cu>Cd.

**Słowa kluczowe:** jeziora, osady dennie, metale ciężkie

### WSTĘP

Większość zanieczyszczeń, w tym również metali ciężkich, dostających się do wód powierzchniowych zostaje zdeponowana w osadach dennych. W wyniku procesów chemicznych i biochemicznych zachodzących w osadach część zadsorbowanych w nich metali przechodzi do toni wodnej i może ulec akumulacji w tkankach hydrobiontów [8,14].

Zawartość metali ciężkich w osadach może stanowić istotny wskaźnik sytuacji geochemicznej panującej w zlewni jeziora oraz świadczy o stopniu antropopresji na środowisko wodne [2, 11].

Celem przeprowadzonych badań było określenie i porównanie zawartości metali ciężkich: Cu, Zn, Pb, Cd w osadach dennych wybranych jezior łączyńsko-włodawskich.

## TEREN BADAŃ

Badania osadów dennych prowadzono w trzech płytkich, polimiktycznych jeziorach Syczyńskie, Sumin i Rotcze.

Jeziro Syczyńskie, położone w obrębie Pagórów Chełmskich, którego powierzchnia wynosi 5,6 ha, a maksymalna głębokość 2,9 m, należy do jezior hipertroficzych. Od strony południowej jezioro graniczy z torfowiskiem węglanowym, pozostałe brzegi przylegają do wsi Syczyn. Zlewnia tego jeziora ma charakter rolniczy, jest słabo zalesiona. Jezioro jest zupełnie pozbawione roślinności zanurzonej [4,7,10].

Jezióra Sumin i Rotcze położone są w centralnej części Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, w otulinie Poleskiego Parku Krajobrazowego.

Jeziro Sumin o powierzchni 91,5 ha i głębokości maksymalnej 6,5 m jest typowym zbiornikiem eutroficznym. W strukturze użytkowania ziemi w zlewni jeziora Sumin dominują: łąki i pastwiska oraz grunty orne. Jezioro otoczone jest gęstą zabudową rekreacyjną i podlega silnej presji turystycznej. Roślinność zanurzona porasta kępowo dno jeziora [4,9,10].

Jeziro Rotcze o powierzchni 45,8 ha i maksymalnej głębokości 4,3 m, należy do jezior słabo zeutrofizowanych. Od strony południowo-zachodniej do jeziora przylegają rozległe torfowiska, od wschodu pola uprawne. Zlewnia jeziora jest użytkowana rekreacyjnie. Jezioro Rotcze posiada bogaty skład gatunkowy roślinności zanurzonej [4,10,13].

## METODYKA BADAŃ

Próby osadów dennych pobierano w dwóch sezonach, wiosennym (maj) i jesiennym (październik) 2001 i 2002 roku ze stanowisk zlokalizowanych w litoralu i śródzieżerzu poszczególnych jezior. W jeziorze Syczyńskim wyznaczono 2 punkty badawcze: na pograniczu roślinności wynurzonej i toni wodnej oraz w śródzieżerzu, natomiast w jeziorach Sumin i Rotcze próby osadów pobierano z 4 stanowisk usytuowanych w strefie roślin wynurzonych, na pograniczu roślin wynurzonych i zanurzonych, wśród roślin zanurzonych i w śródzieżerzu. Osad pobierano za pomocą aparatu rurowego Kajaka o powierzchni 19,6 cm<sup>2</sup>. Każdą próbę otrzymano przez pięciokrotne pobranie 20 cm rdzenia osadu dennego z każdego stanowiska.

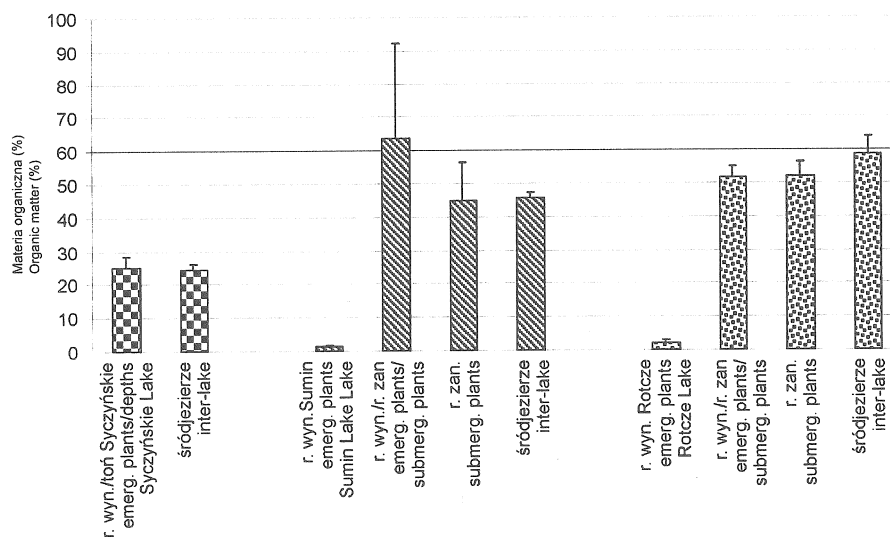
Powietrznie suche, rozdrobnione próby osadów poddano analizie chemicznej. Procentowy udział substancji organicznej oznaczono przez wyprażenie prób w temperaturze 550°C przez 2 godziny [5]. Zawartość metali ciężkich: Cu, Zn, Pb, Cd oznaczono metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (ASA) w mineralizatach osadu z HNO<sub>3</sub> i 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> [12].

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki stanowią uśrednione wartości ( $\pm$ SD) z dwuletnich badań. Dla określenia zależności pomiędzy zawartością substancji organicznej a stężeniem metali ciężkich w osadach badanych jezior wyznaczono współczynniki korelacji Pearson'a.

#### WYNIKI I Dyskusja

Wyniki badań wskazują, że stężenia metali ciężkich w osadach dennych kształtowały się w każdym z badanych jezior odmiennie. Zmienność ta determinowana jest uwarunkowaniami zlewniowymi i stopniem antropopresji, jak i czynnikami środowiskowymi - zależy m.in. od charakteru i struktury osadów dennych, rodzaju i stopnia rozwoju szaty roślinnej w jeziorach.

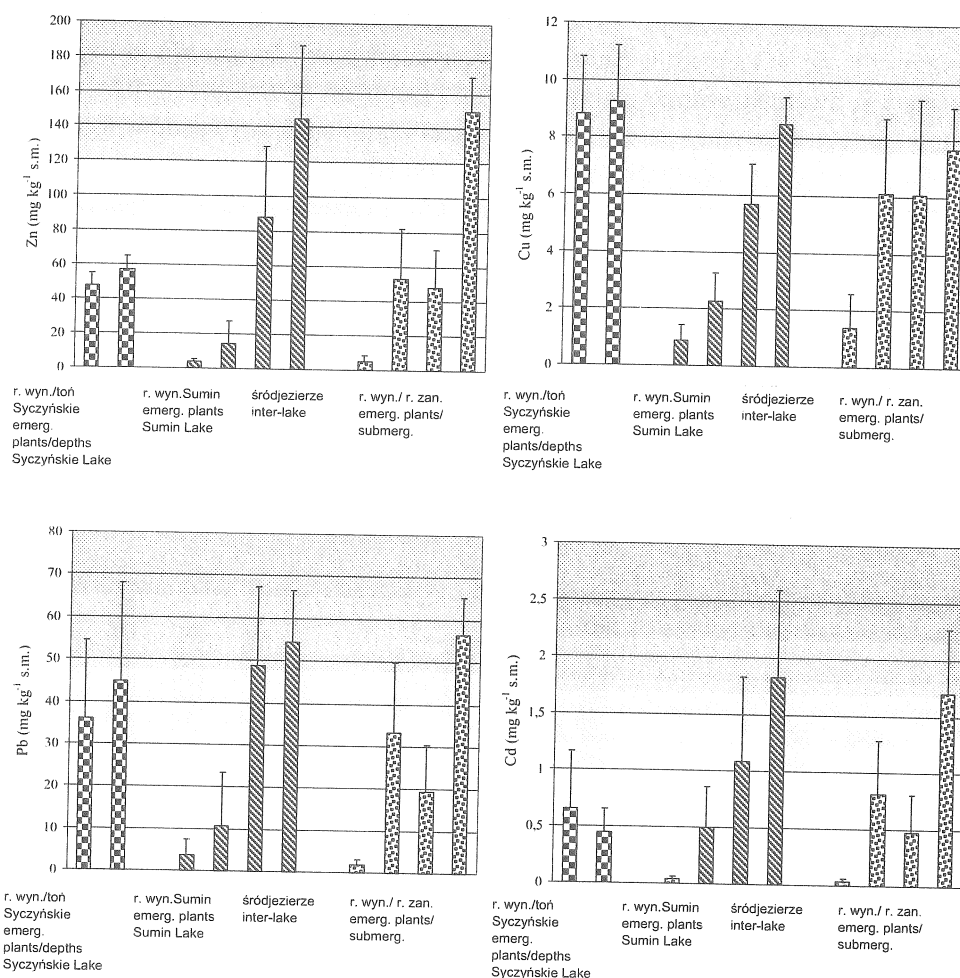
Amorficzna struktura osadów dennych jeziora Syczyńskiego jest jednym z czynników uniemożliwiających rozwój makrofitów zanurzonych. Jednorodny charakter osadów tego jeziora przejawia się niewielkim zróżnicowaniem ich składu chemicznego. Spośród badanych jezior w osadzie jeziora Syczyńskiego stwierdzono najniższą zawartość substancji organicznej, wynoszącą w strefie makrofitów wynurzonych 25,15%, a w śródzieżerzu – 24,64% (Rys. 1).



Rys. 1. Zawartość materii organicznej w osadach dennych badanych jezior. Objasnienia: r. wyn. - rośliny wynurzone, r. zan. - rośliny zanurzone, toń - toń wodna

Fig. 1. Content (%) of organic matter in bottom sediments of studied lakes. Explanations: emerg. plants - emerged plants, submerg. plants - submerged plants

W osadzie dennym jeziora Syczyńskiego średnie wartości stężeń poszczególnych mikroelementów wynosiły: Zn –  $49,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ , Pb –  $38,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ , Cu –  $8,92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ , Cd –  $0,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  (Rys. 2). Średnia zawartość Zn i Cd w osadzie tego jeziora była niższa w porównaniu ze stężeniem tych pierwiastków w osadach jezior Sumin i Rotcze. Natomiast podwyższona zawartość Pb może być



Rys. 2. Zawartość ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ) wybranych metali ciężkich w osadach dennych badanych jezior. Objaśnienia jak na Rys. 1

Fig. 2. Content ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ d.w.}$ ) of selected heavy metals in bottom sediments of studied lakes. Explanations as in Fig. 1

związana z rolniczą działalnością człowieka (stosowanie nawożenia), bowiem 65% powierzchni zlewni jeziora Syczyńskiego stanowią grunty orne.

W jeziorach Sumin i Rotcze wykształciły się wszystkie grupy ekologiczne roślinności wodnej, które mogą wpływać na formowanie się osadów o odmiennym składzie chemicznym [3,6].

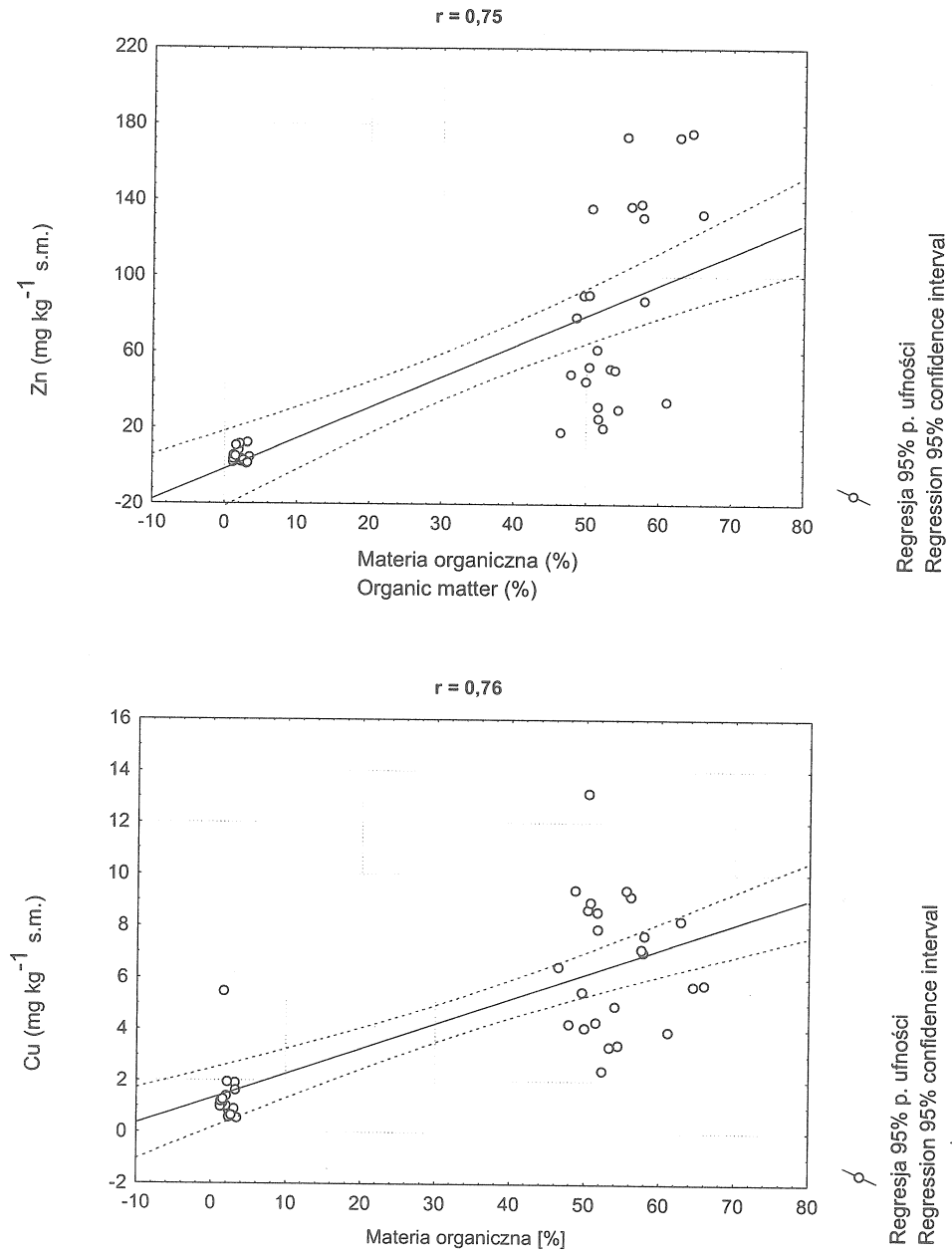
W jeziorze Rotcze obserwowano wzrost zawartości substancji organicznej wraz z głębokością od 2,15% w strefie roślin wynurzonych do 58,82% w śródzieżerzu (średnio 41,2%) (Rys. 1). Natomiast w osadach dennych jeziora Sumin, o średniej zawartości substancji organicznej 38,98% nie stwierdzono takiej prawidłowości.

Metale ciężkie w osadach dennych jeziora Sumin występowały w następujących stężeniach: Zn od 4,18 w strefie roślin wynurzonych do 144,97 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. w śródzieżerzu (średnio 68,01 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), Pb – 3,66–54,27 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (33,23 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), Cu od 0,89 do 8,50 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (4,62 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), Cd od 0,04 do 1,83 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (0,91 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) (Rys. 2). Stwierdzono statystycznie istotną zależność Cu, Pb, Cd od zawartości substancji organicznej w osadach jeziora. Potwierdzają to współczynniki korelacji (r) wynoszące odpowiednio r = 0,32, r = 0,34, r = 0,33, przy p ≤ 0,05.

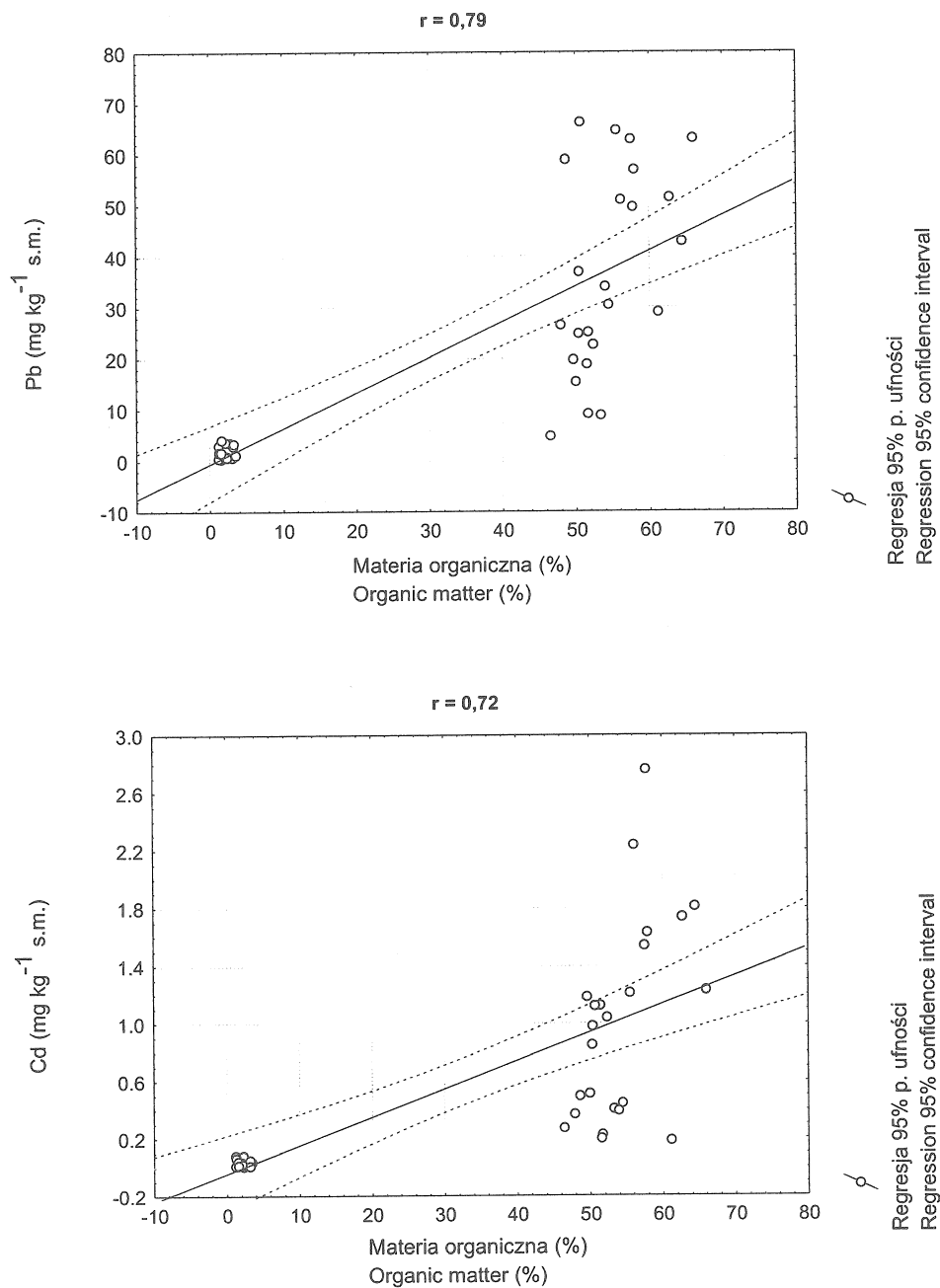
Zawartość poszczególnych metali w osadach dennych jeziora Rotcze wahała się w zależności od badanej strefy (Rys. 2). Stężenie Zn wynosiło od 5,10 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. w osadach pochodzących ze strefy makrofitów wynurzonych do 149,53 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. w śródzieżerzu (średnio 52,28 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), Pb od 1,88 do 56,52 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (średnio 22,62 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), Cu od 1,41 do 7,66 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (średnio 4,54 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), Cd od 0,04 do 1,71 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (średnio 0,61 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.). W jeziorze tym stężenia wszystkich analizowanych metali korelowały dodatnio z zawartością substancji organicznej, o czym świadczą wartości współczynników korelacji zamykających się w granicach od r = 0,72 do r = 0,79, przy p ≤ 0,05 (Rys. 3).

Wyższe średnie stężenia cynku i kadmu w osadach jezior Sumin i Rotcze w porównaniu z ich zawartością w sedymentach jeziora Syczyńskiego może być spowodowane większą zasobnością osadów tych zbiorników w substancję organiczną i tworzeniem się połączeń metaloorganicznych.

W osadach dennych jezior Sumin i Rotcze zaobserwowano kierunkowe zmiany zawartości metali ciężkich w zależności od strefy roślinności wodnej - najniższe zawartości metali ciężkich stwierdzono w piaszczystych osadach w strefie roślin wynurzonych, natomiast najwyższe w osadach pochodzących ze śródzieżerza obu jezior. Niższe stężenia metali w osadach strefy litoralu w porównaniu z ich zawartością w osadach śródzieżerzowych może być związane ze zjawiskiem bioakumulacji. Ponadto osady w głębszych partiach jezior charakteryzują się dużą



Rys. 3. Zależności pomiędzy materią organiczną i Zn, Cu, Pb, Cd osadów dennych jeziora Rotcze  
Fig. 3. Dependences between organic matter and Zn, Cu, Pb, Cd in bottom sediments of Rotcze lake



Rys. 3. Kontynuacja  
Fig. 3. Continuation

zawartością substancji organicznej oraz drobnych frakcji mineralnych, które są składnikami wiążącymi metale.

Naturalna zawartość Zn w osadach polskich jezior na ogół nie przekracza  $73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., a Pb –  $21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Średnia zawartość Cu w osadach jeziornych obszaru Polski wynosi  $7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., natomiast stężenie Cd –  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. [1]. A zatem osady badanych jezior charakteryzowały się niskimi zawartościami Zn, Cu i Cd, zbliżonymi do wartości tła geochemicznego oraz nieznacznie podwyższoną koncentracją Pb.

#### WNIOSKI

We wszystkich badanych jeziorach stężenia metali układały się w następujący szereg:  $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$ . Najwyższe stężenia metali ciężkich występowały w osadach o dużej zawartości substancji organicznej, wykazującej silne właściwości sorpcyjne.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Bojakowska I., Sokołowska G.:** Metale ciężkie w osadach jezior Pojezierza Kaszubskiego. *Przegl. Geolog.*, 44, 9: 920-923, 1996.
2. **Chapman P.M., Allen H.E., Godtfredsen K., Z'Graggen M.N.:** Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55, 2221-2243, 1998.
3. **Chen R. L., Barko J. W.:** Effects of freshwater macrophytes on sediment chemistry. *J. Freshwater Ecology*, 4, 3, 279-289, 1988.
4. **Furtak T., Sobolewski W., Turczyński M.:** Charakterystyka zlewni jezior. W: Jeziora łączyńsko-włodawskie. Monografia przyrodnicza. (Red. M. Harasimiuk, Z. Michalczyk, M. Turczyński) UMCS, Lublin, 73-92, 1998.
5. **Januskiewicz T.:** Studia nad metodą analizy chemicznej składu współczesnych osadów dennych jezior. *Zesz. Nauk., ART Olsztyn*, 8, 1-29, 1978.
6. **Kłosowski S.:** Litoralvegetation Stehender Gewässer - Ökologie, Dynamik und Bioindikationswert. *Polish Bot. Stud.*, 1, 149-184, 1990.
7. **Kornijów R., Smal H., Pęczuła W., Lorens B., Rechulicz J., Sugier P., Paleolog-Demetraki A., Lięza S., Tarkowska-Kukuryk M., Kowalczyk D., Szafran K., Halkiewicz A.:** Hypertrophication of Lake Syczyńskie (Eastern Poland). *Limnological Review* 2, 209-215, 2002.
8. **Linnik P.M., Zubenko I.B.:** Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy-metal compounds. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 5, 11-21, 2000.
9. **Lorens B., Sugier P.:** Struktura makrofitów jeziora Sumin na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim (streszczenie). *Botanika w dobie biologii molekularnej. W: Materiały sesji i sympozjów 52 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego, Poznań*, 2001.
10. **Michalczyk Z.:** Stosunki wodne Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. W: Jeziora łączyńsko-włodawskie. Monografia przyrodnicza. (Red. M. Harasimiuk, Z. Michalczyk, M. Turczyński) UMCS, Lublin, 55-71, 1998



11. Ruiz C.E, Aziz N. M., Schroeder P. R.: Recovery: A contaminated sediment-water interaction model. Environ. Modeling and Assessment, 6, 151-158, 2001.
12. Sobczyński T., Elbanowska H., Zerbe J., Sieniak J.: Mineralizacja próbek osadów dennych jako etap poprzedzający oznaczanie ogólnej zawartości metali ciężkich w wodzie. Gosp. Wod., 56, 6: 173-176, 1996.
13. Sugier P., Lorens B.: Spatial structure of the macrophytes in the lake Rotcze (Łęczna-Włodawa Lakeland). Acta Agrophysica, 67, 255-262, 2002.
14. Szymanowska A., Samecka-Cymermann A., Kempers A. J.: Heavy metals in three lakes in West Poland. Ecotoxicology and Environmental Safety, 43, 21-29, 1999.

### HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THREE SHALLOW LAKES IN THE ŁĘCZNA-WŁODAWA LAKELAND

*Katarzyna Szafran*

Department of Hydrobiology and Ichthyobiology, University of Agriculture, Akademicka 13,  
20-934 Lublin, Poland, e-mail: kszafran@ursus.ar.lublin.pl

**S u m m a r y.** The concentrations of Cu, Zn, Pb, Cd have been determined in bottom sediments of Syczyńskie, Sumin and Rotcze lakes located in the Łęczna-Włodawa Lakeland, eastern Poland. There was observed differentiation of heavy metals content in the bottom sediments of studied lakes. The heavy metals concentrations decreased in order Zn>Pb>Cu>Cd. The average Cu, Cd, Zn contents were relatively low. Only Pb occurred in higher concentration than the accepted toxic levels for macrophytes. The degree of concentration of heavy metals in lakes Sumin and Rotcze correspond in general to the content of organic matter.

**K e y w o r d s:** lakes, bottom sediments, heavy metals

