

Marcin SIDORUK¹ i Angela POTASZNIK¹

OCENA STANU ZANIECZYSZCZENIA OŁOWIEM, CYNKIEM I CHROMEM OSADÓW DENNYCH JEZIORA SUNIA*

ASSESSMENT OF LEAD, ZINC AND CHROMIUM CONTAMINATION OF BOTTOM SEDIMENTS IN LAKE SUNIA

Abstrakt: Do badań mających na celu określenie stopnia zanieczyszczenia osadów dennych Pb, Zn oraz Cr wytypowano jezioro Sunia położone na obszarze Pojezierza Olsztyńskiego, stanowiącego zachodnią część Pojezierza Mazurskiego. Jezioro Sunia położone jest na wysokości 116 m n.p.m., około 30 km na północ od Olsztyna w gminie Świątki. Badane jezioro posiada powierzchnię 111,6 ha, maksymalną głębokość 8,8 m. Akwen posiada jeden dopływ po stronie południowo-zachodniej, a wody z jeziora odpływają w północno-zachodniej części akwenu. Zbiornik składa się z akwenu głównego oraz zatoki oddzielonej wypłyleniem. Całkowity obszar zasilania jeziora wynosi 450 ha, z czego większość zajmują użytki rolne. Badania wykazały, że średnia zawartość materii organicznej w osadach jeziora Sunia wynosiła 24,8%, co jest charakterystyczne dla jezior polodowcowych. Najniższą jej zawartość (12,5%) obserwowano w osadach pobranych po wschodniej stronie zbiornika oraz w miejscu wypłylenia pomiędzy zatoką a głównym akwenem, największym (30,3%) w centralnej części zatoki. Znaczna zawartość materii organicznej w osadach jeziora Sunia jest skutkiem intensywnego dopływu substancji biogennych z jego zlewni, w której prowadzono intensywną gospodarkę rolną. Wartości średniej koncentracji pierwiastków śladowych w zbiorniku układają się w następujące szeregi: Cr < Pb < Zn, a ich wzajemne proporcje kształtują się na następującym poziomie: 8,1 < 22,9 < 45,2. Obserwuje się znacznie niższe koncentracje metali w strefach litoralowych niż w profundalu.

Słowa kluczowe: antropopresja, osady dennie, metale ciężkie

Osady dennie są miejscem akumulacji różnych pierwiastków w ilościach znacznie przekraczających zawartość w wodzie jeziornej. W pewnych warunkach mogą wtórnie zanieczyszczać toń wodną [1, 2]. Osady powstają w wyniku sedymentacji na dnie zbiorników wodnych allochtonicznego materiału powstałego poza obszarem sedymentacji oraz autochtonicznego materiału utworzonego w miejscu sedymentacji [3]. Skład chemiczny osadów zależy od rodzaju utworów budujących zlewnie zbiornika i od gospodarki prowadzonej przez człowieka. Jednym z wyznaczników nasilenia antropopresji są metale ciężkie odprowadzone do wód powierzchniowych ze ściekami przemysłowymi, komunalnymi oraz zmywane z pól i łąk w formie nawozów i środków ochrony roślin, z transportu oraz w formie pyłów z atmosfery [4]. W wielu przypadkach znajomość składu chemicznego osadów jest lepszym wskaźnikiem jakości środowiska wodnego niż znajomość bardziej zmiennego składu chemicznego wody. Analiza zawartości metali ciężkich stanowi cenny materiał do opisu źródeł, prędkości oraz dróg dystrybucji metali w zbiorniku i jest podstawą w ustaleniu możliwego powtórnego zanieczyszczenia wód zbiornika [5].

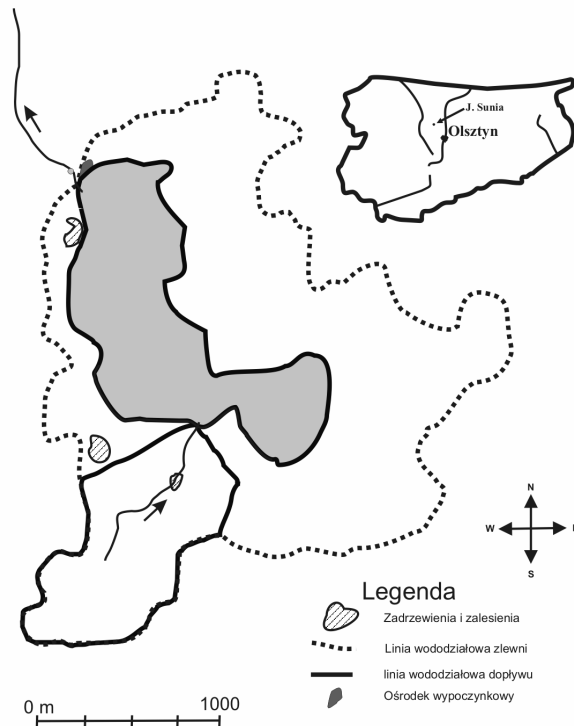
Celem niniejszej pracy była ocena stanu zanieczyszczenia Pb, Zn i Cr osadów dennych jeziora Sunia.

¹ Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-756 Olsztyn, tel. 89 523-43-51, email: marcin.sidoruk@uwm.edu.pl

*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole '12, Zakopane, 10-13.10.2012

Materiał i metody badań

Do badań mających na celu określenie stopnia zanieczyszczenia osadów dennych Pb, Zn oraz Cr wytypowano jezioro Sunia położone na obszarze Pojezierza Olsztyńskiego, stanowiącego zachodnią część Pojezierza Mazurskiego [6]. Jeziora na Pojezierzu Olsztyńskim mają charakter rynnowy i zaporowy, położone są pośród moren czołowych [7]. Pojezierze znajduje się w zasięgu ścierania się wpływów klimatu morskiego i kontynentalnego. Obecność licznych jezior wpływa znacząco na wilgotność powietrza (średnia 82%) oraz na ilość opadów (do 600 mm) [7]. Jezioro Sunia położone jest około 30 km na północ od Olsztyna w gminie Świątki. Badany akwen ma powierzchnię 111,6 ha, maksymalną głębokość 8,8 m i objętość 4464,0 tys. m³. Zasilane jest dopływem z południowego zachodu, a wody z jeziora odpływają w północno-zachodniej części akwenu. Na obszarze zlewni jeziora prowadzona jest intensywna naprzemienna uprawa pszenicy i rzepaku. Jezioro Sunia składa się z akwenu głównego oraz zatoki oddzielonej wypłycciem (rys. 1). Linia brzegowa jest dość urozmaicona i prawie cała porośnięta roślinnością wynurzoną.



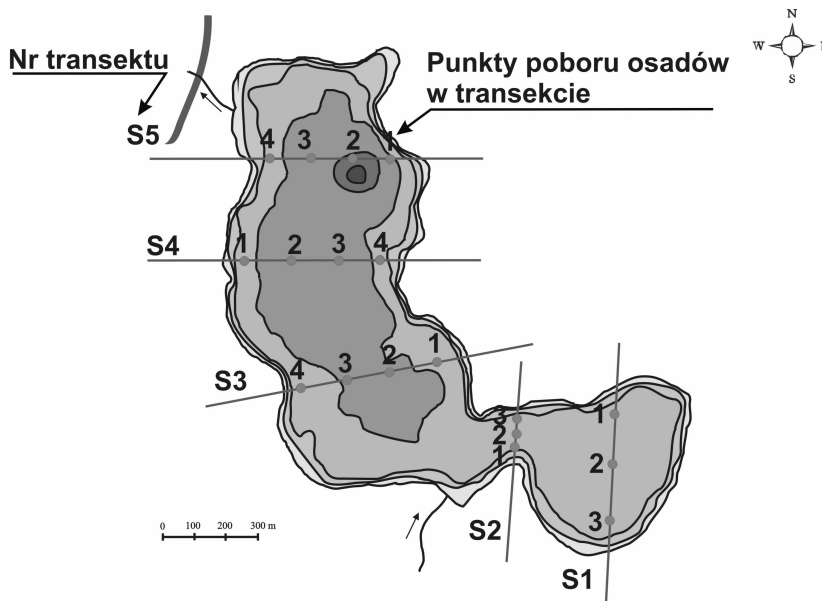
Rys. 1. Położenie jeziora Sunia

Fig. 1. Location of the lake Sunia

Próbki osadów jezior do analiz fizyczno-chemicznych pobrano za pomocą chwytacza Ekmana (do pobierania próbek o powierzchni 250 cm²). Próbki osadów pobrano w 5 poprzecznych transektach po 3-4 stanowiska w każdym transekcie (rys. 2). Badania osadów dennych obejmowało testowanie osadów (ustalenie allo- lub autochtonicznego pochodzenia osadu) oraz analizę ich właściwości fizycznych, które określano bezpośrednio po pobraniu osadów metodą Troels-Smitha [8]. W świeżych próbkach w laboratorium oznaczono właściwości fizykochemiczne:

- Sucha pozostałość - metoda wagowa w 105°C (g/kg s.m.)
- Strata po prażeniu - wskaźnik zawartości substancji organicznej, obliczonej jako różnica suchej pozostałości i pozostałości po wyprażeniu (g/kg s.m.)

Koncentrację badanych pierwiastków w osadach oznaczono metodą ASA, wykorzystując do tego celu spektrometr Varian Spectra AA100.



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pobrania osadów w jeziorze Sunia

Fig. 2. Location of sampling points in sediments of lake Sunia

Wyniki badań i dyskusja

W jeziorach bezodpływowych na formowanie się osadów wpływa przede wszystkim falowanie wody i pionowa sezonowa cyrkulacja, natomiast w zbiornikach przepływowych na rozkład osadów wpływa przede wszystkim przepływająca przez nie rzeka. Woda rzeczna wpływająca do zbiornika traci prędkość, wskutek czego zawieszina o dość dużym ciężarze właściwym (ziarna piasku, utwory gliniaste, gruby detrus itp.) utrzymywana dotąd w wodzie przez intensywny turbulentny ruch cząstek ulega osadzeniu. Im drobniejsze i lżejsze cząstki, tym dalej mogą się przemieścić wzdłuż zbiornika, powodując segregację osadów. W jeziorach polodowcowych powstałe osady spływają grawitacyjnie, najwyższe

tempo depozycji zachodzi w głębozku zbiornika i tam też osady mają zazwyczaj największą grubość.

Osady denne jeziora Sunia były całkowicie homogeniczne i cechowały się dużym zróżnicowaniem morfologicznymi średnim zaciemnieniem na poziomie Nig.2. Zawierały także silnie rozłożoną materię roślinną (*Humo* na poziomie 3-4, wartość H7-H10 stopnia rozkładu wg skali von Posta). Pobrane osady denne wykazywały znaczne zróżnicowanie pod względem ich uwodnienia (*Sicc.* na poziomie 2-3). Największym uwodnieniem osadów wynoszącym 26,5% cechowały się próbki pobrane z transektu S2, najniższym zaś (9,0%) z transektu S1, tj. z zatoki jeziora. Średnia zawartość suchej masy w analizowanych osadach wynosiła 12,7%, a ich średnia gęstość kształtowała się na poziomie 1,13 g/cm³. Największą gęstością osadów charakteryzował się obszar wypłylenia (S2 - 1,66 g/cm³), najmniejszą środkowa część akwenu głównego (S4 - 1,01 g/cm³) (tab. 1). Odczyn osadów był lekko zasadowy, a ich pH we wszystkich strefach jeziora było zbliżone i kształtowało się w granicach 7,40-7,43.

Materia organiczna osadów powstaje w wyniku opadania na dno szczątków organizmów, zawiesiny organicznej oraz z wytrącania i koagulacji rozpuszczonych substancji organicznych. Jej zawartość w powierzchniowej warstwie osadów zależna jest od wielkości produkcji w strefie trofogenicznej, ilości i materii allochtonicznej oraz czasu sedymentacji [9].

Tabela 1

Zawartość suchej masy, gęstość oraz pH osadów w poszczególnych strefach jeziora Sunia

Table 1

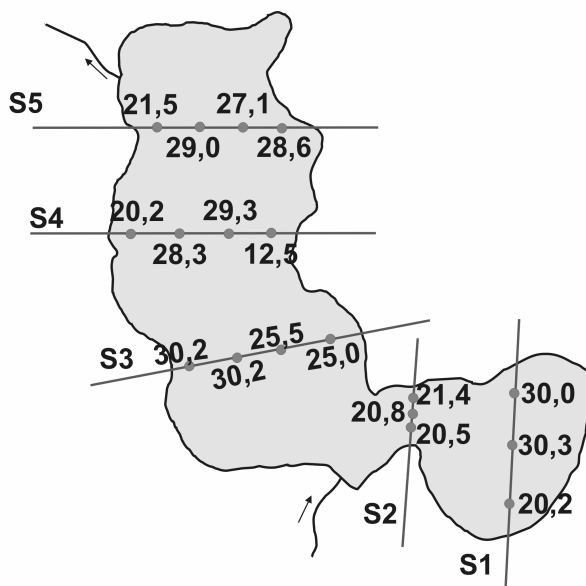
The content of dry matter, density and the pH of the sludge in the different areas of Lake Sunia

Wyszczególnienie	Strefy jeziora				
	S1	S2	S3	S4	S5
Sucha masa [%]	9,0	26,5	9,1	12,2	9,4
Gęstość osadów [g/cm ³]	1,08	1,66	1,15	1,01	1,07
pH	7,41	7,40	7,41	7,43	7,42

Średnia zawartość materii organicznej w jeziorze Sunia wynosiła 24,8% s.m., co jest charakterystyczne dla jezior polodowcowych, w których zawartość substancji organicznej waha się w przedziale od 10 do 70% s.m. Stwierdzono najniższą zawartość materii organicznej (12,5%) w osadach pobranych po wschodniej stronie zbiornika transektu S4 oraz w osadach z transektu S2, tj. w miejscu wypłylenia pomiędzy zatoką a głównym akwenum (rys. 3).

Materia organiczna powstająca w wyniku wytrącania oraz koagulacji rozpuszczonych w wodzie substancji organicznych ma strukturę kapilarną, a jej ciężar właściwy jest zbliżony do ciężaru wody [8, 10]. Taka sytuacja ułatwia unoszenie i transport cząstek. Wyjaśnia to małą zawartość materii organicznej w osadach pobranych z transektu S2, ponieważ osady tam zakumulowane są zubożane na skutek ruchów wody wypływającej lżejsze cząstki. Dodatkowo niewielka głębokość zbiornika w tym miejscu wpływa na lepsze warunki tlenowe, co powoduje intensywniejszą jej mineralizację. Na dużą zawartość materii organicznej w osadach badanego jeziora może wpływać intensywna produkcja

pierwotna zachodząca w tym zbiorniku, dodatkowo wzmacniana dopływem biogenów ze zlewni intensywnie użytkowanej rolniczo. Występujące w osadach metale ciężkie mogą akumulować się w łańcuchu troficznym do poziomu, który jest toksyczny dla organizmów wodnych, zwłaszcza drapieżników, a także mogą stwarzać ryzyko dla ludzi. Osady o wysokiej zawartości szkodliwych składników są potencjalnym ogniskiem zanieczyszczenia środowiska. Metale ciężkie, obecne między innymi w osadach, można podzielić na dwie grupy - niezbędne do prawidłowego przebiegu procesów metabolizmu, takie jak: cynk, miedź oraz metale wywierające negatywny wpływ na procesy metabolizmu (Cd, Pb, Cr, Ni, Co).



Rys. 3. Zawartość materii organicznej w osadach jeziora Sunia [%]

Fig. 3. The content of organic matter in the sediments of Lake Sunia [%]

Badane osady charakteryzowały się średnią zawartością ołowiu kształtującą się na poziomie 36,7 mg Pb/kg s.m. Najwyższe stężenie ołowiu występowało po wschodniej stronie jeziora i wynosiło 47,5 mg Pb/kg s.m. oraz w transekcie S-3, co spowodowane jest obecnością gruntów rolnych w bezpośredniej zlewni jeziora. Tło geochemiczne ołowiu w osadach jezior północno-wschodniej Polski wynosi 11 mg Pb/kg s.m., a jego zawartość w niezanieczyszczonych osadach na ogół nie powinna przekraczać 20 mg Pb/kg s.m. [3]. Na wysokie wartości Pb w osadach jeziora Sunia znaczny wpływ może wywierać produkcja rolna prowadzona na obszarze jego zlewni. Spowodowane jest stosowaniem nawozów mineralnych oraz środków ochrony roślin. Również wykorzystywanie w produkcji rolniczej paliw służących do napędzania maszyn rolniczych oraz depozycja

atmosferyczna stanowiąca nawet 77% ogólnej dostawy [11] wpływa na wysoką zawartość ołowiu w osadach dennych jeziora Sunia.

Tabela 2
Zawartość Pb, Zn i Cr w osadach dennych w poszczególnych transektach jeziora Sunia [mg/kg s.m.]

The content of Pb, Zn and Cr in the sediments in transects of lake Sunia [mg/kg s.m.]

Table 2

Nr transektu	Nr punktu pobrania	Pb	Zn	Cr
S1	1	41,0	81,2	14,0
	2	31,5	80,1	18,9
	3	37,5	79,9	27,6
S2	1	10,5	21,2	2,8
	2	35,0	67,6	17,6
	3	47,5	87,7	9,0
S3	1	47,0	94,4	16,8
	2	42,0	87,6	17,8
	3	42,0	78,9	8,4
	4	44,0	72,1	8,0
S4	1	23,5	49,2	6,5
	2	54,0	100,6	11,6
	3	27,0	83,7	22,9
	4	25,5	46,9	8,0
S5	1	47,0	87,4	13,0
	2	46,5	81,2	8,3
	3	31,5	58,0	10,5
	4	27,5	48,5	9,9

Średnia zawartość cynku w osadach jeziora Sunia kształtowała się na poziomie 72,3 mg Zn/kg s.m. Tło geochemiczne cynku nie przekracza 100 mg Zn/kg s.m. [12]. Średnie wartości Zn w osadach znajdowały się na poziomie tła geochemicznego. Najwyższymi wartościami charakteryzuje się punkt pobrania S4-2 (100,6 mg Zn/kg s.m.), najniższymi natomiast wartościami charakteryzowały się osady pobrane w pobliżu ośrodka wypoczynkowego i odpływu z jeziora (48,5-49,2 mg Zn/kg s.m.). Według klasyfikacji czystości osadów dennych zaproponowanej przez Bojakowską i Sokołowską [13], takie koncentracje Zn w badanych osadach przyporządkowują je do I klasy czystości.

Związki chromu wprowadzane są do środowiska wód powierzchniowych wraz ze ściekami z garbarni czy też zakładów metalurgicznych, a jego stężenie w osadach niezanieczyszczonych jezior na ogół nie przekracza 10 mg Cr/kg s.m.

Średnia zawartość chromu w zbiorniku wynosiła 12,9 mg Cr/kg s.m. i wahała się w przedziale od 2,8 mg Cr/kg s.m. (S2-1) do 27,6 mg Cr/kg s.m. (S1-3). Najniższe stężenie chromu stwierdzono w osadach pobranych z wypłylenia akwenu. Taka sytuacja może być spowodowana uwolnieniem się chromu z osadów dennych do toni wodnej wywołana ruchami turbulencyjnymi wody powstającymi na skutek działania siły wiatru.

Porównując stężenia ołowiu, cynku oraz chromu w osadach dennych z poszczególnych stref jeziora, obserwowano znacznie niższe ich koncentracje w strefach litoralowych niż w profundalu, co może być związane ze zjawiskiem bioakumulacji. Osady w głębszych partiach jezior charakteryzują się dużą zawartością substancji organicznej oraz drobnych frakcji mineralnych, które są składnikami wiążącymi metale [14]. W jeziorze

Sunia najniższe stężenia pierwiastków śladowych obserwowano w wypłyceńcu pomiędzy głównym akwenem a jego zatoką (S2), a najwyższe w punkcie zlokalizowanym po zachodniej stronie transektu S4. Wartości średniej koncentracji pierwiastków śladowych w zbiorniku układały się w następujące szeregi: Cr < Pb < Zn, a ich wzajemne proporcje kształtowały się na następującym poziomie: $8,1 < 22,9 < 45,2$.

Wnioski

1. Osady denne jeziora Sunia cechowały się dużym zróżnicowaniem morfologicznym i uwodnieniem *Sicc.* na poziomie 2-3. Średnia zawartość w nich materii organicznej wynosiła 24,8% s.m. Najniższą jej zawartość (12,5%) stwierdzono w osadach pobranych po wschodniej stronie transektu S4, natomiast największą w zatoce jeziora (30,3%).
2. W jeziorze Sunia stwierdzono przestrzenne zróżnicowanie koncentracji ołowiu, cynku i chromu. Większe stężenia metali ciężkich występowały w profundalu, w osadach pobranych po wschodniej stronie jeziora oraz w miejscach o większych głębokościach, natomiast niższe stężenie stwierdzono w osadach pobranych ze stref litoralowych.
3. Wartości średniej koncentracji pierwiastków śladowych w zbiorniku układały się w następujące szeregi: Cr < Pb < Zn, a ich wzajemne proporcje kształtowały się na następującym poziomie: $8,1 < 22,9 < 45,2$.

Literatura

- [1] Bojakowska I. Influence of sewage on heavy metal accumulation in chosen Polish rivers sediments. Instructions and methods of geological surveys. National Geol Inst. 1995; 55.
- [2] Skwierawski A. Accumulation of heavy metals in bottom sediments in small water bodies characterized by various levels of degradation. Polish J Environ Stud. 2006;15(2a):494-502.
- [3] Bojakowska I, Gliwicz T. Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000-2002. Biblioteka Monit Środow. 2003;46-81.
- [4] Kajak Z. Hydrobiologia - limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2001.
- [5] Kostecki M, Domurad A, Kowalski E, Kozłowski I. Badania limnologii zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Cz. III. Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika. Arch Ochr Środow. 1998;2:73-81.
- [6] Kondracki J. Geografia regionalna Polski. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2000.
- [7] Panfil J. Pojezierze mazurskie. Warszawa: Wiedza Powszechna; 1968.
- [8] Tobolski K. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2000.
- [9] McColl RHS. Chemistry of sediments In relation to trophic condition of Wight Rotoura Lakes. J Marine and Freshwater Res. 1977;11:509-523.
- [10] Sidoruk M, Rochwerger A, Skorbiłowicz E, Skorbiłowicz M. Effect of land use on lead and zinc accumulation in bottom sediments on the basis of Ardung and Bukwałd lakes. Ecol Chem Eng A. 2011;18:1633-1640.
- [11] Nicholson FA, Smith SR, Alloway BJ, Carlton-Smith C, Chambers BJ. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Sci Total Environ. 2003;311:205-219.
- [12] Lis J, Pasieczna A. Atlas geochemiczny Polski 1: 2 500 000. Warszawa: Państw Inst Geol. 1995.
- [13] Bojakowska I, Sokołowska G. Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych. Przegląd Geol. 1998;46:49-54.
- [14] Szafran K. Metale ciężkie w osadach dennych trzech płytkich jezior Łęczyńsko-Włodawskich. Acta Agrophys. 2003;1(2):329-337.

ASSESSMENT OF LEAD, ZINC AND CHROMIUM CONTAMINATION OF BOTTOM SEDIMENTS IN LAKE SUNIA

Department of Land Reclamation and Environmental, University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Abstract: The study aimed to determine the degree of contamination of bottom sediments Pb, Zn, Cr were selected Sunia lake located in the Olsztyn Lake District constituting the western part of the Masurian Lake District. Sunia lake is situated at an altitude of 116 m above sea level, about 30 miles north of Olsztyn, in the municipality of Świątki. The test lake has a surface 111.6 ha, a maximum depth of 8.8 m lake has one tributary of the south-west, and the waters of the lake depart in the north-western part of the basin. Lake Sunia consists of the main basin and the Gulf of shallow water separated. Total supply area of the lake is 450 ha of which the majority is arable land. The average content of organic matter in the sediments of Lake Sunia was 24.8%, which is typical of glacial lakes. The lowest content (12.5%) was observed in sediments collected on the eastern side of the tank and at the shallow water between the bay and the main sea, and the highest (30.3%) in the central part of the bay. A significant content of organic matter in the sediments of Lake is a result of intensive inflow of nutrients from the catchment, which conducted intensive farming. The average concentration of trace elements in the container are arranged in the following series: Cr < Pb < Zn, and their relative proportions are at the following rates: 8.1 < 22.9 < 45.2. There is a much lower concentration of metal in the zones littoral than in profundal.

Keywords: lakes, bottom deposits, trace elements