

Andrzej GÓRNIAK

**Przyczynek do poznania składu substancji organicznej osadów
jeziornych Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego***

Remarks on the Composition of Organic Matter in Lake Sediments of the
Łęczyńsko-Włodawski Lakeland

WSTĘP

Dotychczasowe badania osadów dennych jezior i rzek w Polsce były ukierunkowane na ustalenie typologii osadów oraz składu chemicznego (Stangenberg 1938, Tadajewski 1965, Rybak 1969, Gołębiowski 1976, Januszkiewicz 1980, Zdanowski 1983). Badano również wiek i miąższość tego rodzaju skał osadowych (Więckowski 1966). Brak — jak dotąd — bardziej szczegółowych badań nad składem substancji organicznej współcześnie powierzchniowych osadów dennych. Oznaczenie składu frakcyjnego substancji organicznej osadów, zwanych również glebami podwodnymi (Starmach i inni 1978), może wskazać, podobnie jak w glebach lądowych, współczesne funkcjonowanie specyficznych ekosystemów wodnych oraz kierunek ich ewolucji. Dlatego podjęto badania nad substancją organiczną osadów dennych jezior o znacznym rozpoznaniu hydrochemicznym i hydrobiologicznym.

* Finansowany z tematu CPBP 04.02.

TEREN I METODY BADAŃ

Badania prowadzono na materiale pobranym z dwóch odmiennych torficznie jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Jezioro Piaseczno o powierzchni 85 ha i głębokości maksymalnej 38,8 m należy do typu jezior mezotroficznych (Wojciechowski 1976). Natomiast Jezioro Głębokie o powierzchni 12 ha i głębokości maksymalnej 5 m zalicza się do zbiorników eutroficznych. Oba zbiorniki nie posiadają obecnie powierzchniowego połączenia z innymi jeziorami ani ciekami. Dlatego współcześnie tworzące się osady składają się głównie z substancji autochtonicznej.

Próby osadów dennych pobrano z jeziora Piaseczno z głębokości 10 m i 30 m, a z Jeziora Głębokie z 1 m i 4 m. Poboru prób dokonano we wrześniu 1987 r. przy pomocy chwytacza rurowego typu Kajaka o powierzchni 50 cm². Analizowane osady były uśrednioną próbą z 4 lub 5-krotnego pobierania współczesnych osadów 15–20 cm ze stropu dna. Po wysuszeniu osadów w temperaturze pokojowej oznaczano zawartość węgla organicznego metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, węglany metodą Scheiblera oraz pH elektrometrycznie. Ponadto określono zawartość azotu ogółem według Kjeldahla oraz straty po prażeniu w 560°C. Analizę składu frakcyjnego substancji organicznej wykonano metodą Kozakiewicza (1962), przystosowaną do badań gleb organicznych. W większości materiał badany był właśnie typu gleb organicznych. Oznaczenia węgla organicznego w poszczególnych frakcjach wykonywano dwukrotnie. Uzupełnieniem analizy składu frakcyjnego było określenie utlenialności substancji organicznej metodą Loginowa-Wiśniewskiego (1982). Równocześnie w ciągu całego r. 1987 pobierano próby wód z litoralu obu jezior oraz okresowo z różnych głębokości. W uzyskanych próbach wód oznaczano każdorazowo węgiel organiczny rozpuszczony według Tiurina po wcześniejszym wyparowaniu prób o objętości 50 ml z dodatkiem stałego AgSO₄.

WYNIKI BADAŃ

Analizowane osady z jeziora Piaseczno należy zaliczyć według klasyfikacji Stangenberga (1938) do typu krzemianowych, natomiast z Jeziora Głębokiego do osadów organicznych. W osadach obu jezior substancja organiczna stanowi od 5% do ponad 70% suchej masy, węgla organicznego od 2% do ponad 30% (tab. 1). W osadach profundalu jeziora Piaseczno ilość węgla organicznego jest większa od innych części dna jeziora, co jest zgodne z wcześniejszymi doniesieniami (Januszkiewicz 1980, Zdankowski

1983). Zawartość azotu ogółem zmieniała się od 0,25% do 2,78% s.m. W jeziorze Piaseczno udział azotu w osadach wzrastał wraz z zawartością C_{org} , natomiast w Jeziorze Głębokie zmniejszał się wraz z głębokością. Stosunek C:N badanych gleb podwodnych był zmienny i to w dość dużym zakresie od nieco ponad 8 do 19. Są to wartości porównywalne z danymi podawanymi przez Pasternaka (1978) oraz Januszkiewicza (1980). Wskazuje to również na zmienną jakość pokarmową dla fauny jezior (Kemp 1971). Dla osadów dennych wartość tego stosunku około 17 przyjmuje się jako granicę między dobrym i złym jakościowo pożywieniem (Russell-Hunter 1970). Natomiast wartość C:N około 10 przyjmuje się dla odróżnienia osadów dennych typu gytii od osadów dy. Uzyskane w badaniach wartości C:N wskazują na znaczną aktywność mikrobiologiczną w osadach z jeziora Piaseczno przy znacznej obecności komponentów białkowych. Nie bez wpływu na taką sytuację jest fakt znacznej ilości tlenu rozpuszczonego w całym słupie wody przez niemal cały rok (Radwan i inni 1972, 1973). Natomiast w Jeziorze Głębokie w najgłębszym profundalu mamy wysokie wartości C:N świadczące o mniejszej aktywności mikroorganizmów przy obecności materii organicznej bogatej w azot.

Tab. 1. Charakterystyka osadów jezior: Piaseczno i Głębokie

Characteristics of the bottom sediments from Piaseczno and Głębokie lakes

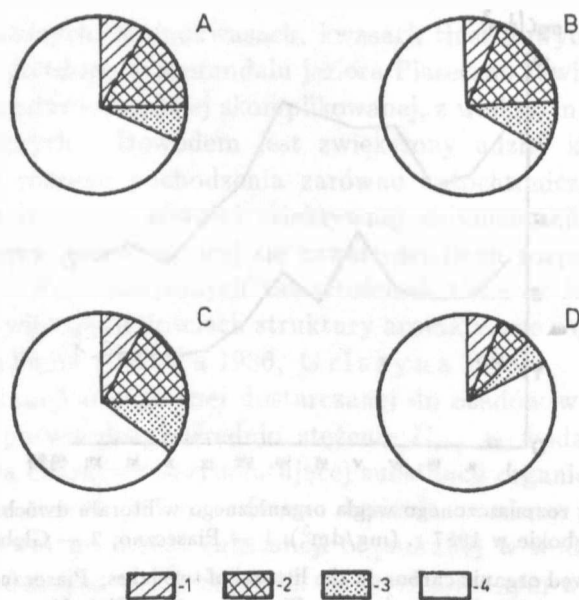
Jeziora	Głębokość (m)	Popielność %	C_{org} %	N_{tot} %	C:N	pH	$CaCO_3$ %
Piaseczno	10	94,71	2,10	0,25	8,54	6,5	0
	30	58,20	18,45	1,79	10,31	6,3	0
Głębokie	1	23,72	31,65	2,78	11,38	7,0	3,29
	4	30,59	30,00	1,57	19,13	7,2	24,67

Podobnie jak w glebach lądowych, tak i w prezentowanych badaniach, substancja organiczna składała się z wielu frakcji o odmiennej budowie chemicznej. Za autorem zastosowanej metody wydzielono: bituminy, kwasy fulwowe, huminowe, hemicelulozy oraz ligniny. Bituminy ekstrahowane mieszaniną etanolu i benzenu charakteryzują się małą rozpuszczalnością w wodzie i wchodzi w skład organizmów roślinnych i zwierzęcych. Frakcja węgla organicznego bituminów składa się głównie z kwasów tłuszczowych, wosków, a także z pigmentów (Rawnikowa i inni 1984). W badanych osadach zawartość tej grupy związków stanowi niewielką część suchej masy, od 0,99% do 4,48%. Jedynie w Piasecznie na głębokości 10 m bituminy znajdują się w znacznych ilościach i stanowią 47,3% węgla organicznego ogółem. Jest to zapewne efekt zwiększonej ilości chlorofilu, który pochodzi

z opadu nierozłożonych resztek glonów, licznie występujących w tej strefie jeziora (C z e r n a ś i inni, w druku).

Udział węgla organicznego kwasów fulwowych i huminowych wahał się od 2,3 do 19,24% węgla organicznego ogółem. Z wyjątkiem osadów z jeziora Piaseczno z głębokości 10 m ilości kwasów humusowych są niewielkie w porównaniu z glebami lądowymi. Kwasy humusowe gleb podwodnych jeziora Piaseczno w większości są słabo związane z częściami mineralnymi, gdyż większość z nich występuje w I frakcji. W litoralu tego jeziora osady denne zawierają kwasy fulwowe i huminowe w podobnych ilościach, natomiast w profundalu przeważają kwasy huminowe. Równocześnie zauważa się, że kwasy fulwowe bez względu na głębokość występowały w podobnych ilościach bezwzględnych. Świadczy to o znacznej ruchliwości tych związków w ekosystemie jezior, podobnie jak i w glebach lądowych (G r i s z y n a 1986). Mniejsze ilości węgla organicznego znajdują się w celulozach i hemicelulozach, zaledwie 2–3% C_{org} . Natomiast ligniny stanowią główną część węgla organicznego deponowanego w glebach podwodnych. Wraz z głębokością ich udział wyraźnie wzrasta. W Jeziorze Głębokie ze względu na stan troficzny mamy do czynienia z nieco odmiennym składem frakcjonalnym. Kwasy humusowe występują tutaj w większych ilościach bezwzględnych, przy jednocześnie mniejszym udziale w substancji organicznej. Ich udział zmniejszał się wraz z głębokością, a udział lignin wzrastał, podobnie jak w jeziorze Piaseczno.

Odbiciem składu chemicznego substancji organicznej znajdującej się w osadach dennych jest ich różna podatność na utlenianie węgla organicznego, przy różnych stężeniach utleniacza. Metodę tę zastosowano po raz pierwszy dla osadów dennych i dała ona interesujące wyniki. Metoda Loginowa-Wiśniewskiego (1982) prowadzi do ustalenia ilości udziału frakcji I i II — bardzo łatwo i łatwo utlenialnego węgla organicznego, III frakcji — trudno utlenialnego C i IV frakcji — węgla nieutlenialnego przy danym stężeniu środka utleniającego. Frakcja I i II węgla stanowiła od 12% do 26% węgla organicznego. Jest to ta część węgla, która może być wykorzystywana łatwo w procesach życiowych mikroorganizmów i wyższych zwierząt. Część tego węgla może być uwalniana z osadów do wód interstycjalnych, a dalej do toni wodnej jeziora. Frakcja III — trudno utlenialna to węgiel związany w cukrach złożonych, aminokwasach; występuje ona w podobnych ilościach w badanych osadach. Natomiast frakcja IV przeważa w osadach obu jezior i jej udział wzrasta wraz z głębokością (ryc. 1). Równocześnie okazało się, że frakcja IV występuje w bardzo zbliżonych ilościach do frakcji lignin uzyskanych metodą Kozakiewicza (1962). Podobne wartości, w niektórych przypadkach takie same, autor

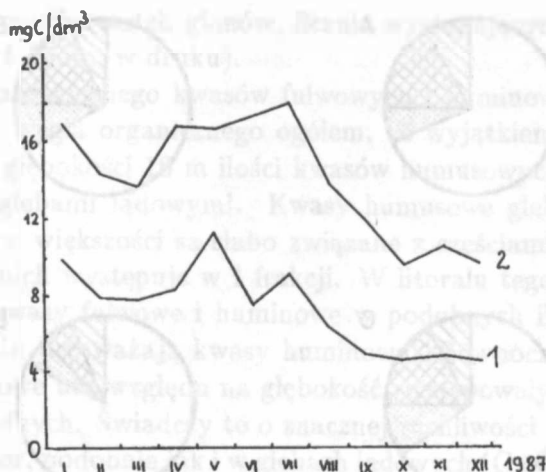


Ryc. 1. Skład frakcjonalny substancji organicznej osadów z dwóch jezior: 1 — frakcja bardzo łatwa utlenialna, 2 — frakcja łatwo utlenialna, 3 — frakcja trudno utlenialna, 4 — frakcja nieutlenialna KMnO_4 ; jezioro Piaseczno: A — gł. 10 m, B — gł. 30 m, Jezioro Głębokie: C — gł. 1 m, D — gł. 4 m

Fractional composition of organic matter of sediments from two lakes: 1 — easily oxidized fraction, 2 — oxidized fraction, 3 — hardly oxidized fraction, 4 — non-oxidized fraction of KMnO_4 ; Lake Piaseczno: A — depth 10 m, B — depth 30 m, Lake Głębokie: C — depth 1 m, D — depth 4 m

uzyskał w innych osadach dennych (materiały niepublikowane). Należy więc przyjąć, że frakcja IV to głównie ligniny z niewielką zapewne ilością humin.

Jak wspomniano wcześniej, część węgla organicznego z osadów dennych może dostawać się ponownie do jeziora w postaci roztworu. Stężenie tego pierwiastka w postaci rozpuszczonej w wodach jezior zależy od wielu czynników (Ławacz 1970). Zmienne ilości C_{org} wpływają na różny przyrost osadów dennych w ciągu roku, a tym samym na skład sedymentującej substancji organicznej (Ławacz 1967). W Jeziorze Głębokie stężenie C_{org} w wodzie było w 1987 r. zawsze wyższe od stężeń w jeziorze Piaseczno (ryc. 2). W obu jeziorach wyróżnia się okres od kwietnia do sierpnia, o zwiększonej zawartości węgla organicznego rozpuszczonego w wodach. Jest to okres wzmożonej produkcji pierwotnej w tych zbiornikach, któremu towarzyszy zawsze wzrost rozpuszczonego C_{org} . Ponadto do jezior dopływa podziemną drogą pewna ilość węgla organicznego z gleb o zmiennej za-



Ryc. 2. Zawartość rozpuszczonego węgla organicznego w litoralu dwóch jezior: Piaseczno i Głębokie w 1987 r. (mg/dm³); 1 — Piaseczno, 2 — Głębokie

Contents of dissolved organic carbon in the littoral of two lakes: Piaseczno and Głębokie in 1987 (mg/dm³); 1 — Piaseczno, 2 — Głębokie

wartości substancji organicznej. Czterokrotne badania w ciągu 1987 r. wykazały wyższe stężenia C_{org} w wodach tuż nad osadami dennymi niż w litoralu jeziora Piaseczno. Jest to więc potwierdzenie istnienia powrotu części węgla organicznego z osadów do wody jezior oraz wzmożonego rozkładu materii organicznej osadzającego się tryptonu. W Jeziorze Głębokie taka sytuacja istniała jedynie w pierwszej połowie roku, w drugiej zaś stężenia C_{org} w litoralu były nieco wyższe. Nie bez znaczenia na ten stan była zwarta pokrywa gleb torfowych otaczająca jezioro na całej linii brzegowej. Jednakże ten problem wymaga dalszych badań zarówno w obrębie samego jeziora, jak i na obszarze zlewni (wody gruntowe).

Z prezentowanych wyników analiz widać, że w tym samym zbiorniku skład substancji organicznej osadów dennych jest zmienny. W strefie litoralu osady denne zawierają niewielkie ilości węgla organicznego i wraz z głębokością ich udział wzrasta. Substancja organiczna tam gromadzona składa się głównie z resztek glonów. Świadczy o tym zwiększona zawartość azotu i stosunkowo niski stosunek C:N. Opas resztek glonów jest w tym jeziorze szybko mineralizowany i tylko niewielka ich część jest związana z częściami mineralnymi. Powodem jest fakt stałego natlenienia wody jeziornej (Radwan i inni 1971) i wzmożona aktywność mikrobiologiczna osadów. Dlatego w masie organicznej pozostają jedynie trudno utlenialne, a tym samym wolniej konsumowane przez organizmy związki węgla zawarte

w cukrach złożonych, aminokwasach, kwasach tłuszczowych i pigmentach. Osady głębiej położone w profundalu jeziora Piaseczno zawierają substancję organiczną o budowie bardziej skomplikowanej, z większym udziałem struktur aromatycznych. Dowodem jest zwiększony udział kwasów huminowych i lignin różnego pochodzenia zarówno autochtonicznego, jak i glebowego. Jest to wynik również selektywnej sedymentacji i transformacji zachodzącej przy zmniejszającej się zawartości tlenu rozpuszczonego wraz z głębokością. Przy obniżonych zawartościach tlenu w środowisku mogą tworzyć się w większych ilościach struktury aromatyczne węgla i są zbliżone w budowie do lignin (P a c h a 1986, G r i s z y n a 1986).

Ilość substancji organicznej dostarczanej do osadów w ciągu roku jest zmienna, co potwierdza pośrednio stężenie C_{org} w wodach jezior. Nie bez wpływu na charakter sedymentującej substancji organicznej jest rodzaj wykorzystania zlewni jeziora. Dalsze badania powinny wykazać wpływ charakteru zlewni na jakość substancji organicznej w wodach gruntowych oraz osadach dennych przylegających do stref o różnym wykorzystaniu — pola uprawne, las, torfowisko.

Prowadzone wstępne badania osadów Jeziora Głębokie wykazały ich odmiennność zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Badany zbiornik eutroficzny charakteryzuje się ciągłym dopływem do osadów znacznych ilości różnych form węgla organicznego. Z badań wynika, iż niewielka część masy organicznej ulega biologicznej transformacji. W strefie litoralu przy zwiększonej mineralizacji wody jeziora (M i s z t a l i inni, 1987/1988) następuje szybkie wiązanie substancji organicznej z częściami mineralnymi. Potwierdza to przewaga II frakcji kwasów huminowych i fulwowych nad I frakcją. Szczególnie obfitość jonów wapnia i magnezu, a z takim zjawiskiem mamy tutaj do czynienia, sprzyja wytrącaniu humianów wapnia i magnezu (G r i s z y n a 1986). Wraz z głębokością w badanym jeziorze zmniejsza się ilość rozpuszczonego tlenu, a niejednokrotnie latem lub pod pokrywą lodową jest go brak. W związku z tym substancja organiczna ulega niewielkiej destrukcji, czego potwierdzeniem jest wysoki stosunek C:N. Potwierdza to również niski stopień humifikacji wynoszący zaledwie 2,3% (tab. 2) oraz obfitość lignin, ponad 79% węgla organicznego. Równocześnie na jakość substancji organicznej w badanym jeziorze może wpływać dopływ eutroficznych wód ze zlewni. W środowisku zasadowym, a ma to miejsce w Jeziorze Głębokie, kwasy humusowe szczególnie fulwowe ulegają znacznej rozbudowie linearnej (P a c h a 1986) i przy analizach chemicznych mogą się upodabniać do kwasów huminowych. Dlatego należy przy interpretowaniu badań uwzględnić zanizony stopień humifikacji.

Zastosowane metody badań składu substancji organicznej osadów den-

Tab. 2. Skład frakcyjny substancji organicznej osadów dennych badanych jezior (% węgla organicznego)
Fractional composition of organic matter of bottom sediments from two examined lakes (% of organic carbon)

Jezioro	Głębokość m	C _{org} % osadu	Bitu- miny	Kwasy huminowe			Kwasy fulwowe				Hemi- celu- lozy	Ligniny	C _{kh} : C _{kl}
				I	II	Razem	IA	I	II	Razem			
Piaseczno	10	2,10	47,33	8,57	6,60	14,57	1,29	7,14	6,14	14,57	3,21	27,94	1,00
	30	18,45	14,68	11,19	8,06	19,25	0,91	8,32	5,27	14,50	2,37	49,20	1,33
Głębokie	1	31,65	12,92	7,34	7,41	14,75	0,59	3,91	5,75	10,25	1,07	61,01	1,44
	4	30,00	9,84	0,28	2,08	2,33	0,62	2,92	3,92	7,46	0,58	79,79	0,31

nych okazały się przydatne do wyznaczonych celów i stwarzają możliwość ich wykorzystania do badań paleolimnologicznych. Mogą one wskazać na ewolucję trofii badanych zbiorników w poszczególnych etapach istnienia zbiornika.

Tab. 3. Zawartość rozpuszczonego węgla organicznego w jeziorach: Piaseczno i Głębokie w 1987 r. (mg/dm³)

Content of organic carbon in the waters of two lakes: Piaseczno and Głębokie in 1987

Jezioro	Głębokość m	Miesiące			
		IV	V	VII	IX
Piaseczno	0,5	7,2	5,4	7,2	7,2
	8,0	7,2	7,8	6,0	7,6
	29,0	16,8	10,2	10,8	10,8
Głębokie	0,5	14,4	15,6	16,2	12,0
	3,5	22,2	17,4	14,4	11,4

WNIOSKI

1. Zróżnicowanie ilościowe i jakościowe substancji organicznej w osadach dennych zależy od trofii zbiornika i głębokości deponowania osadów.
2. Wraz z głębokością, bez względu na trofnię jeziora, spada udział bitumin i hemiceluloz, wzrasta natomiast udział lignin. W jeziorze mezotroficznym substancja organiczna jest słabo związana z częściami mineralnymi, w eutroficznym powiązanie jest silniejsze.
3. W jeziorze Piaseczno osady dennie charakteryzują się zwiększoną humifikacją. Przy obniżaniu się natężenia humifikacji osadów i przy zmniejszonym dostępie do tlenu w Jeziorze Głębokie wzrasta stosunek C:N i następuje przewaga kwasów fulwowych nad huminowymi.

LITERATURA

- Czernaś K., Krupa D., Wojciechowski I., Galek J. (w druku); Differentiation and changes in activity of algal communities in shore zone of the mesotrophic Lake Piaseczno in 1983-1985. *Studia Ośr. Dokument. Fizjograficznej PAN*, Kraków.
- Golebiewski R. 1976; Osady dennie jezior Raduńskich. *Gdańskie Tow. Nauk.*, Gdańsk.
- Griszyna L. A. 1986; Gumusoobrazowanie i gumosnoje sostojanije poczw. *MGU*, Moskwa, s. 243.
- Januszkiewicz T. 1980; Chemistry of recent sediments of Grabowskie Lake in Kashubian Lake District in Northern Poland. *Pol. Arch. Hydrob.* 27, 3, s. 319-336.

- Kemp A. L. W. 1971; Organic carbon and nitrogen in the surface sediments of lakes Ontario, Erie and Huron. *J. Sediment. Petrol.*, 41, s. 537-548.
- Kozakiewicz A. 1962; Charakterystyka substancji organicznej gleb torfowych i torfów torfowisk dolinnych. *Rocz. Glebozn.* 11, s. 73-100.
- Ławacz W. 1967; The characteristics of sinking materials and the formation of bottom deposits in an eutrophic lake. *Int. Symp. on Paleolimnology. Tiany* s. 33-34.
- Ławacz W. 1970; Formy występowania materii organicznej w wodach i metody jej badania. *Wiad. Ekol.* XVI, 1, s. 55-67.
- Łoginow W., Wiśniewski W. 1982; Zmienność zawartości frakcji substancji organicznej gleby, oznaczonych metodą utleniania nadmanganianem potasu. *Zesz. Nauk. ART Bydgoszcz, Rol.* 14, s. 39-48.
- Misztal M., Górniak A., Smal H. 1987/1988; Dynamika stężeń składników chemicznych wód litoralu Jeziora Głębokie na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim (SE Polska). *Annales UMCS*, s. B. vol. XLII/XLIII.
- Pacha J. 1986; Struktura substancji próchnicznych w świetle najnowszych badań. *Roczn. Gleb.* 37, 2-3, s. 37-47.
- Radwan S., Podgórski W., Kowalczyk Cz. 1971; Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Cz. I. Stosunki mineralne. *Annales UMCS*, s. C, 26, s. 155-168.
- Radwan S., Podgórski W., Kowalczyk Cz. 1972; Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. cz. II. Substancja organiczna i związki azotowe. *Annales UMCS*, s. C, 27, s. 17-30.
- Radwan S., Podgórski W., Kowalczyk Cz. 1973; Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. cz. III. Właściwości fizyczne i chemiczne. *Annales UMCS*, s. C, 28, s. 97-108.
- Rawnikowa N. S., Sadownikowa L. K., Fridland E. W. 1984; Niespiecycyfzeskije sojedinienija poczwiennogo gumusa. *MGU, Moskwa*.
- Russel-Hunter W. D. 1970; Aquatic productivity: an introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology. *MacMillan and Comp. Ltd., London*, s. 306.
- Rybak J. I. 1969; Bottom sediments of the lakes of various trophic state. *Ekol. Pol.*, A, 35, s. 611-662.
- Stangenberg M. 1938; Skład chemiczny osadów głębinowych jezior Suwalszczyzny. *Inst. Bad. Lasów Państw. A*, 31, s. 44.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1978; *Hydrobiologia*. PWN, Warszawa s. 621.
- Tadajewski A. 1965; Skład chemiczny osadów dennych Jeziora Kortowskiego. *Zesz. Nauk. WSR Olsztyn* 19, nr 307.
- Trojanowski J., Trojanowska Cz., Ratajczyk H. 1985; Chemical characteristics of bottom sediments top layer in Szczytno Małe lake. *Pol. Arch. Hydrob.* 32, 2, s. 99-112.
- Więckowski K. 1966; Osady denne Jeziora Mikołajskiego. *Prace Geogr. IG PAN* nr 57.
- Wojciechowski I. 1976; Influence of the drainage basin on the eutrophication of the a-mesotrophic Lake Piaseczno and diseutrophication of the pond Bicz. *Acta Hydrob.* 18, s. 23-52.
- Zdanowski J. 1983; Ecological characteristics of lake in NE Poland versus their trophic gradient. IV — Chemistry of bottom sediments in 37 lakes. *Ekol. Pol.* 31, 2, s. 309-331.

SUMMARY

A composition of organic matter of lake sediments was analyzed by soil science methods i.e. grain size and carbon oxidation at different concentrations of KMnO_4 . Considerable quantitative and qualitative variation of organic matter in sediments of the mesotrophic lake Piaseczno and eutrophic Lake Głębokie in the Łęczna-Włodawa Lakeland were indicated. Irrespective of a trophy of a lake, content of bitumines and hemicelluloses in sediments decreased with depth whereas the one of lignins increased. In a mesotrophic lake the organic matter of sediments is poorly connected with mineral contents; in a eutrophic lake such connection is stronger — with predominance of the fraction II of huminic and fulvic acids. Decreasing oxidation of supra-sediment waters was accompanied by higher ratio of C:N and lower content of fulvic acids against C_{org} .

