

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XLII/XLIII, 5

SECTIO B

1987/1988

Instytut Gleboznawstwa AR w Lublinie

Modest MISZTAŁ, Andrzej GÓRNIAK, Halina SMAŁ

**Dynamika stężeń składników chemicznych wód litoralu Jeziora
Głębokie na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim (SE Polska)**

Dynamics of Concentrations of Chemical Components in Littoral Waters of the Głębokie
Lake, Łęczyń-Włodawa Lakeland (SE Poland)

WSTĘP

Skład chemiczny wód zbiorników i cieków jest jednym ze wskaźników trofii tych środowisk. Obserwacja jego zmian w okresach wieloletnich może być jednym ze sposobów oceny postępu eutrofizacji wód. Szczególnie w przypadkach zbiorników użyźnianych w sposób przyspieszony substancjami allochtonicznymi dopływającymi ze zlewni obserwowanie procesu eutrofizacji, badanie jej tempa i towarzyszących przemian staje się możliwe (R y b a k 1975, Wojciechowski 1976).

Ponieważ substancje allochtoniczne ze zlewni docierają do jeziora głównie przez litoral, istotne jest badanie zmian chemicznego składu wód w tej strefie i wzajemnych zależności pomiędzy stężeniami różnych pierwiastków i ich form, a także zależności ich stężenia od pory roku, wielkości opadów i zmian poziomu wody w jeziorze. Przedstawiana praca obejmuje analizę tych zagadnień dla Jeziora Głębokie koło Cycowa, z lat 1982–1987. Podobna analiza dla położonego w niewielkiej odległości jeziora Piaseczno była przedstawiona już wcześniej (M i s z t a ł i w s p. 1989).

TEREN I METODY

Jeziro Głębokie, położone na obrzeżu Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, jest jeziorem małym o powierzchni 12 ha i płytkim, wbrew swojej nazwie (głębokość maksymalna 6 m). Zlewnia obejmuje obszar ok. 75 ha wykorzystany głównie jako grunty orne. Niewielki obszar przylegający bezpośrednio do pobraży jest zadarniony i użytkowany jako pastwisko. Część pobraży pokryta jest zaroślami, na zewnątrz których (w stosunku do jeziora) znajdują się doły potorfowe. Dookoła całego pobraży występuje kilkunastometrowej szerokości pas trzciny.

Teren zlewni pokryty jest głównie glebami torfowymi i czarnymi ziemiemi oraz niewielkimi fragmentami gleb bielicoziemnych wytworzonych z piasku. W najbliższym otoczeniu jeziora występują torfy turzycowe o średnim stopniu rozkładu i popielności (Wojtanowicz 1984). W podłożu zalegają gytie i ily jeziorne. Wilgat (1950) określa jezioro jako krasowe, natomiast Buraczynski i Wojtanowicz (1981) przypisują mu genezę termokrasową.

W okresie 6-letnim pobierano w odstępach miesięcznych próby wód z litoralu jeziora. Jednolitość pobraży i niewielkie wymiary jeziora pozwoliły na wytypowanie tylko dwóch punktów poboru prób w litoralu na transekcji północ-południe. Punkty położone były na linii średnicy jeziora. Wyniki analiz chemicznych dla obydwu punktów uśredniano.

Oznaczano azot ogólny metodą Kjeldahla, azot amonowy metodą bezpośredniej nesslerizacji, azotany przy użyciu kwasu fenolodwusulfonowego. Zawartość fosforanów ogółem, rozpuszczalnych w wodzie, a także ortofosforanów oznaczono metodą z molibdenianem amonu. Wapń, sól, potas oznaczano metodą fotopłomieniową, a magnez kolorymetrycznie z żółcieniem tytanową. Wszystkie wymienione metody opisane były przez Hermanowicza i wsp. (1976).

Dane dotyczące poziomu wód w jeziorze uzyskano z Zakładu Hydrografii UMCS w Lublinie, a dane opadowe ze stacji Katedry Agrometeorologii AR w Lublinie, zlokalizowanej nad pobliskim jeziorem Piaseczno.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zróznicowanie stężeń oznaczanych pierwiastków i ich form było bardzo duże (tab. 1). Znalazło to także swoje odbicie w obliczonych wskaźnikach zmienności zawartości pierwiastków. Wyniki średnie stężeń jonów amonowych i azotanowych z całego okresu badań, a także dla miesiąca sierpnia

Tab. 1. Zakres zmienności, średnie wartości oraz współczynniki zmienności badanych pierwiastków w wodzie litoralu Jeziora Głębokie w latach 1982–1987

Variability, mean values and variability coefficients of studied elements in littoral waters of the Lake Głębokie in 1982–1987

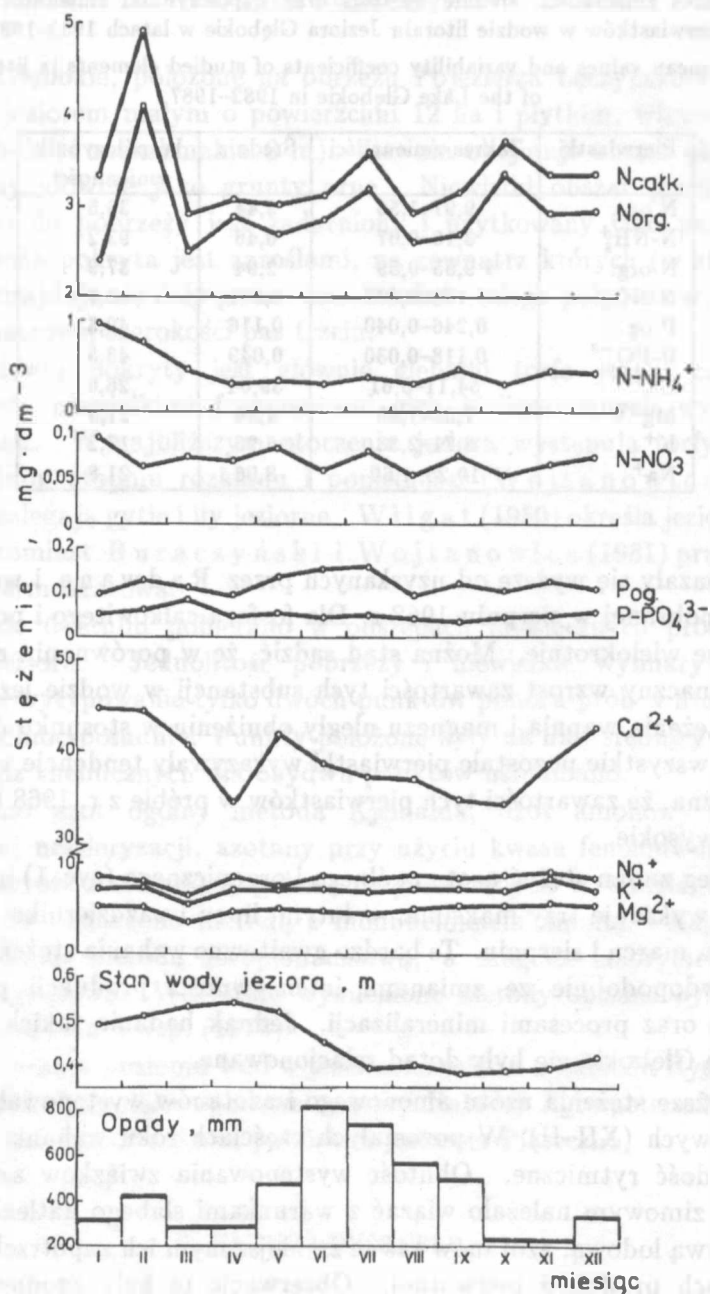
Pierwiastki	Zakres zmienności	Średnia	Współczynnik zmienności
N og.	9,97–1,56	3,44	35,5
N-NH ₄ ⁺	3,16–0,07	0,46	93,2
N org.	9,55–0,59	2,94	37,9
N-NO ₃ ⁻	0,170–0,037	0,071	40,1
P og.	0,246–0,040	0,116	40,5
P-PO ₄ ⁻³	0,118–0,030	0,049	43,5
Ca ⁺²	54,11–5,61	39,04	26,6
Mg ⁺²	7,80–1,60	4,84	21,9
K ⁺	8,71–2,38	6,96	17,2
Na ⁺	10,25–1,60	8,06	21,8

(ryc. 1) okazały się wyższe od uzyskanych przez Radwana i wsp. (1972) w próbie pobranej w sierpniu 1968 r. Dla fosforu całkowitego i potasu były one wyższe wielokrotnie. Można stąd sądzić, że w porównaniu do r. 1968 nastąpił znaczny wzrost zawartości tych substancji w wodzie jeziora. Natomiast stężenia wapnia i magnezu uległy obniżeniu w stosunku do r. 1968. Ponieważ wszystkie pozostałe pierwiastki wykazywały tendencje wzrostowe, uznać można, że zawartości tych pierwiastków w próbie z r. 1968 były przypadkowo wysokie.

Przebieg zmian stężeń azotu ogólnego i organicznego (ryc. 1) jest bardzo podobny; wykazuje trzy maksima: w lutym, lipcu i październiku i minima: w styczniu, marcu i sierpniu. Te bardzo gwałtowne wahania stężeń związane były prawdopodobnie ze zmianami intensywności produkcji pierwotnej w jeziorze oraz procesami mineralizacji. Jednak badania takich procesów w Jeziorze Głębokie nie były dotąd relacjonowane.

Najwyższe stężenia azotu amonowego i azotanów występowały w okresach zimowych (XII–II). W pozostałych częściach roku wahania były niewielkie i dość rytmiczne. Obfitość występowania związków amonowych w okresie zimowym należało wiązać z warunkami słabego natlenienia wód pod pokrywą lodową, azotanów zaś ze zmniejszonym ich zapotrzebowaniem w procesach produkcji pierwotnej. Obserwacje te były zgodne z obserwacjami Rybaka (1975) dla Jeziora Mikołajskiego i Zdankowskiego (1983) dla jezior północno-wschodniej Polski.

Największe stężenia fosforu całkowitego w ciągu sześciu lat badań notowano w okresie letnim, co było zgodne z obserwacjami Zda-



Ryc. 1. Średnie miesięczne stężenia badanych pierwiastków oraz stany wody jeziora i opady w latach 1982–1987

Mean monthly contents of studied elements and lake water levels and precipitations in 1982–1987

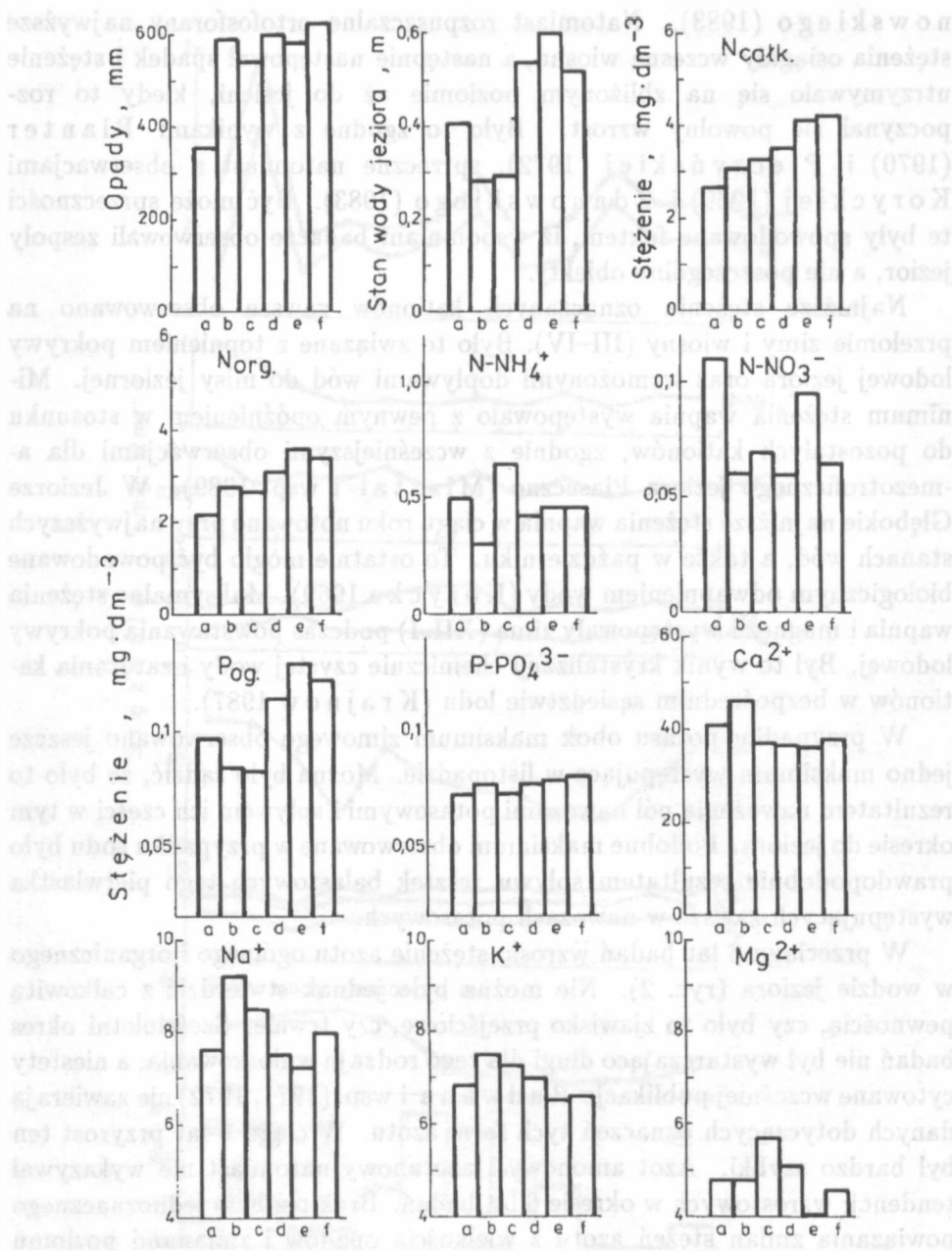
nowskiego (1983). Natomiast rozpuszczalne ortofosforany najwyższe stężenia osiągały wczesną wiosną, a następnie następował spadek i stężenie utrzymywało się na zbliżonym poziomie aż do jesieni, kiedy to rozpoczynał się powolny wzrost. Było to zgodne z wynikami Planter (1970) i Pieczyńskiej (1972), sprzeczne natomiast z obserwacjami Koryckiej (1969) i Zdanowskiego (1983). Być może sprzeczności te były spowodowane faktem, iż wspomniani badacze obserwowali zespoły jezior, a nie poszczególne obiekty.

Najniższe stężenia oznaczanych kationów zawsze obserwowano na przełomie zimy i wiosny (III–IV). Było to związane z topnieniem pokrywy lodowej jeziora oraz wzmożonymi dopływami wód do misy jeziornej. Minimum stężenia wapnia występowało z pewnym opóźnieniem w stosunku do pozostałych kationów, zgodnie z wcześniejszymi obserwacjami dla a-mezotroficznego jeziora Piaseczno (Misztal i wsp. 1989). W Jeziorze Głębokie najniższe stężenia wapnia w ciągu roku notowano przy najwyższych stanach wód, a także w październiku. To ostatnie mogło być powodowane biologicznym odwapnieniem wody (Korycka 1969). Maksymalne stężenia wapnia i magnezu występowały zimą (XII–I) podczas powstawania pokrywy lodowej. Był to wynik krystalizacji chemicznie czystej wody i zatężania kationów w bezpośrednim sąsiedztwie lodu (Krajnow 1987).

W przypadku potasu obok maksimum zimowego obserwowano jeszcze jedno maksimum występujące w listopadzie. Można było sądzić, że było to rezultatem nawożenia pól nawozami potasowymi i spływem ich części w tym okresie do jeziora. Podobne maksimum obserwowane w przypadku sodu było prawdopodobnie rezultatem spływu resztek balastowych tego pierwiastka występujących zawsze w nawozach potasowych.

W przeciągu 6 lat badań wzrosło stężenie azotu ogólnego i organicznego w wodzie jeziora (ryc. 2). Nie można było jednak stwierdzić z całkowitą pewnością, czy było to zjawisko przejściowe, czy trwałe. Sześcioletni okres badań nie był wystarczająco długi dla tego rodzaju wnioskowania, a niestety cytowane wcześniej publikacje Radwana i wsp. (1971, 1972) nie zawierają danych dotyczących oznaczeń tych form azotu. W ciągu 6 lat przyrost ten był bardzo szybki. Azot amonowy i azotanowy natomiast nie wykazywał tendencji wzrostowych w okresie 6 lat badań. Brak też było jednoznacznego powiązania zmian stężeń azotu z wielkością opadów i zmianami poziomu wód (ryc. 2).

Zmiany poziomu wód w jeziorze w kolejnych latach badań wpływały natomiast na stężenie fosforu całkowitego w wodzie. Wraz ze wzrostem poziomu wód rosło znacznie stężenie fosforu całkowitego, w mniejszym stopniu zaś stężenie ortofosforanów. Zależności te wskazywały na powiązanie



Ryc. 2. Roczne sumy opadów, średnie stany wody jeziora oraz stężenia badanych pierwiastków w czasie badań: a — 1982, b — 1983, c — 1984, d — 1985, e — 1986, f — 1987

Mean yearly precipitation, lake water levels and contents of studied elements during the examined period: a — 1982, b — 1983, c — 1984, d — 1985, e — 1986, f — 1987

stężenia fosforu w wodzie jeziora z zasilaniem wodami dopływającymi ze zlewni, być może także z zasilaniem atmosferycznym (Kowalczewski, Rybak 1981). Ze spadkiem poziomu wód jeziora był natomiast związany wzrost stężeń potasu, sodu i magnezu. Był to zapewne wynik parowania wody z powierzchni jeziora przy równoczesnym braku zasilania zlewni przez opady.

Wpływ zasilania wód w różne substancje na skutek opadów można było przewidzieć na podstawie licznych publikacji Chojnackiego (1967, 1970), który analizował wpływ pośredni, bezpośredni zaś badali Kowalczewski i Rybak (1981). Kajak (1979) zajmujący się również tymi problemami rozważał też kwestie zasilania powierzchniowego i gruntowego jezior.

Tab. 2. Istotne korelacje pomiędzy badanymi składnikami chemicznymi w wodach litoralnej Jeziora Głębokie oraz stanami wód i opadami

Significant correlations between examined chemical components in littoral waters of the Lake Głębokie, water levels and precipitation

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
N _{całk.} - N _{org}	+0,547	+0,919	+0,987	+0,984	+0,922
N _{całk.} - N-NH ₄ ⁺	+0,917	—	+0,649	+0,504	—
N-NH ₄ ⁺ - Mg ⁺	—	—	-0,677	—	—
N-NH ₄ ⁺ - K ⁺	—	-0,530	—	—	—
P _{og.} - P-PO ₄ ⁻³	+0,536	—	—	—	—
P _{og.} - stany wód	+0,514	—	—	—	—
P _{og.} - opady (P)	—	+0,536	—	—	—
Ca ⁻² - Mg ⁺²	—	—	+0,547	—	—
Ca ⁺² - K ⁺	—	—	+0,718	+0,743	+0,411
Ca ⁺² - Na ⁺	—	—	—	+0,781	+0,422
Ca ⁺² - opady (P)	+0,561	—	—	—	—
Mg ⁺² - K ⁺	+0,740	+0,794	+0,709	—	+0,666
Mg ⁺² - Na ⁺	+0,723	—	—	—	+0,459
Mg ⁺² - stany wód	—	—	—	-0,518	-0,414
K ⁺ - stany wód	—	—	-0,506	—	—
K ⁺ - opady (P)	—	+0,530	—	—	—
Na ⁺ - stany wód	-0,555	—	—	—	—
Stany wód - N _{org}	—	—	—	+0,647	—

Wysoką korelację dodatnią z opadami i poziomem wód wykazuje azot ogólny, organiczny i amonowy, a także wapń, magnez, sód i potas (tab. 2). Te ostatnie pierwiastki dostają się do jeziora z nawożonych pól. Stężenia większości kationów są z reguły znacznie większe niż ich zapotrzebowanie na produkcję pierwotną jeziora. Stężenie ich zależy więc raczej od czynników zewnętrznych, takich jak dostawa ze zlewni, zagęszczenie przez parowanie

lub rozcieńczanie przez wody opadowe dostające się bezpośrednio na powierzchnię jeziora. Wyrazem tego były ujemne korelacje pomiędzy poziomem wód i stężeniami sodu, potasu i magnezu.

PODSUMOWANIE

Kilkuletnie badania składu chemicznego wód litoralu Jeziora Głębokie wskazują na wyraźny wpływ warunków hydroklimatycznych. Zaobserwowano zależność pomiędzy zmianami poziomu wód w jeziorze a stężeniem fosforu całkowitego i podstawowych kationów. W okresie badań zarejestrowano wzrost stężenia azotu ogólnego i organicznego. Porównanie wyników własnych badań wód litoralu z wynikami badań wody śródziejorza 20 lat wcześniej wskazują na wzrost stężenia głównych pierwiastków biogennych w wodach jeziora i jego postępującą eutrofizację.

LITERATURA

- Buraczyński J., Wojtanowicz J. 1981; Wpływ zlodowacenia środkowopolskiego na rzeźbę południowej części Polesia Lubelskiego. *Annales UMCS*, s. B, vol. 35/36, ss. 63–80.
- Chojnacki A. 1967; Wyniki badań składu chemicznego wód opadowych w Polsce. Część IV. *Pamiętnik Puławski*, z. 35, ss. 163–172.
- Chojnacki A. 1970; The content of mineral components in atmospheric precipitation in relation to natural and economical conditions in Poland. *Pol. J. Soil. Sci.*, 3, ss. 33–46.
- Hermanowicz W., Dożański W., Dojlido J., Koziarowski B. 1976; Fizyko-chemiczne badania wody i ścieków. Arkady, Warszawa.
- Kajak Z. 1979; Eutrofizacja jezior. PWN, Warszawa.
- Korycka A. 1969; Seasonal changes in water chemical composition in seven lakes. *Pol. Arch. Hydrob.* 16,1, ss. 1–29.
- Kowalczewski A., Rybak J.I. 1981; Atmospheric fallout as a source of phosphorus for Lake Warniak. *Ecd. Pol.*, 1, ss. 63–71.
- Krajnow S.R., Slec W.M. 1987; Geochemija podziemnych wód choziajstwiennopit'jewogo naznaczenija. *Niedra*, Moskwa.
- Misztal M., Smal H., Górniak A. 1989; Zmiany składu chemicznego wód litoralu jeziora Piaseczno (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie, SE Polska) w badaniach wieloletnich. *Acta Hydrob.* 31, 1/2, s. 13–23.
- Pieczyska E. 1972; Ecology of the eulittoral zone of lakes. *Ekol. Pol.*, 20, 637–732.
- Planter M. 1970; Physico-chemical properties of the water of read-belts in Mikolajskie. Taltowisko and Śniardwy Lakes. *Pol. Arch. Hydrob.* 17/30/, 3.
- Radwan S., Podgórski W., Kowalczyk Cz. 1971; Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, cz. I. Stosunki mineralne. *Annales UMCS*, s. C, vol. XXVI, ss. 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, vol. XXVII, ss. 17-30.
- Rybak J.I. 1975; Ecosystem of the Mikołajskie Lake. Physicochemical characteristics. Pol. Arch. Hydrob., 22,1, ss. 9-16.
- Wilgat T. 1950; Kras okolic Cycowa. Annales UMCS, s. B, vol. IV, ss. 229-270.
- Wojciechowski I. 1976; Influence of the drainage basin on the eutrophication of the a-mezotrophic Lake Piaseczno and diseutrophication of the pond Lake Bicz. Acta Hydrob., 18, ss. 33-52.
- Wojtanowicz J. 1984; Jezioro Głębokie — budowa geologiczna, rzeźba i geneza. Przew. Ogóln. Zjazdu PTG, Lublin cz. II, ss. 42-45.
- Zdanowski B. 1983; Ecological characteristics of lakes in North Eastern Poland versus their trophic gradient. III. Chemistry of the water in 42 Lakes. Ekol. pol., 2, ss. 287-308.

SUMMARY

In 1982-1987 studies of chemical composition of waters of the eutrophic littoral in the Głębokie Lake, Łęczna-Włodawa Lakeland (SE Poland) have been carried through. Values of mean monthly concentrations of elements indicate high contents of N total, N organic, N-NH_4^+ and Ca in winter, mostly under lake ice (Fig. 1). In March and April larger concentrations of orthophosphates and drops in Ca, Mg, K, Na were noted. In summer more N total and N organic occurred whereas in autumn there was less Ca. High correlation of contents of total nitrogen with that of N-NH_4^+ and N organic as well as of Na and K were noted (Table 2). Chemical properties of littoral waters of the studied lake depend much on outer factors as surface influx and precipitation. It is expressed by negative correlations between water level and contents of potassium and magnesium. During the studies a further eutrophication of the lake occurred, indicated by rise of N total and N organic, and of orthophosphates.

