

Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej WSR w Lublinie

Stanisław RADWAN, Wiesław PODGÓRSKI,
Czesław KOWALCZYK

Materiały do hydrochemii Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego
Część I. Stosunki mineralne *

Материалы по гидрохимии Ленчињско-Влодавского поозерья.
Часть I. Минеральные соотношения

A Contribution to the Hydrochemistry of the Łęczna and Włodawa Lake District.
Part I. Mineral Relations

WSTĘP

Badania prowadzono na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim, obejmującym ok. 70 różnych pod względem morfometrii i charakteru limnologicznego zbiorników wodnych. Większość z nich to płytkie i niewielkie powierzchniowo jeziora, otoczone bardzo często torfowiskami lub lasami. Bilans wodny wielu z nich reguluje naturalny odpływ wód do znajdujących się na tym terenie cieków. W ostatnich latach niektóre zbiorniki połączone zostały z systemem wodnym kanału Wieprz-Krzna.

Wody tego regionu były dotychczas tylko częściowo opracowane pod względem składu chemicznego. Brzęk i Zwolski** uwzględnili 22 jeziora, podając ich najważniejsze wskaźniki hydrochemiczne. Uchwycenie właściwości fizykochemicznych wspomnianych jezior w ich aktualnym stanie będzie miało duże znaczenie w związku z szybko powstającymi zmianami ekologicznymi środowiska, wywołanymi sukcesywnym włączaniem poszczególnych jezior do systemu wodnego kanału Wieprz-Krzna. Nadto uzyskane wyniki stanowią będą uzupełnienie prowadzonych od wielu lat badań nad biologią oraz ekologią flory i fauny wód Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

* Praca finansowana przez PAN.

** Charakterystyka limnologiczna Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (praca w maszynopisie). Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej WSR w Lublinie.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Materiały pochodzą z 39 jezior Pojezierza. W okresie wiosenno-letnim w latach 1967—1968 z każdego jeziora pobierano jednorazowo 2 próby: jedną z głębokości 1 m, drugą zaś z przydennych warstw wody (od 0,5 m do 1,0 m nad dnem).

Wodę do analizy chemicznej pobierano 5-litrowym czerpaczem typu Bernatowicza z jednego stanowiska, leżącego w pelagialu i pokrywającego się zwykle z maksymalną głębokością zbiornika.

Do analizy pobierano próbkę wody o pojemności 3 l. Po przewiezieniu jej do laboratorium oznaczenia wykonano metodami kolorymetrycznymi, miareczkowymi oraz przy użyciu fotometru płomieniowego.

Wapń oznaczano metodą miareczkową wg metodyki podanej przez Justa i Hermanowicza (5). Po strąceniu szczawianów wapnia przesącz odparowywano, a następnie rozpuszczano w 10-krotnie mniejszej objętości wody i oznaczano w nim potas przy użyciu fotometru płomieniowego Zeissa. Magnez oznaczano metodą żółceni tytanowej (11) za pomocą spektrofotometru (spekol) przy zastosowaniu pryzmatu na widzialny zakres światła. Twardość ogólną określano metodą Justa i Hermanowicza (5). Wyniki podano w niemieckich stopniach twardości ($1^\circ \text{ tw.n.} = 10 \text{ mg/l CaO}$). Żelazo, po uprzednim zredukowaniu go do dwuwartościowego, oznaczano w barwnym kompleksie z α, α -dwupirydylem, wg metody Struszyńskiego i Marczenki (19), fosfor oznaczano metodą błękitu fosforomolibdenowego (8).

Morfometrię badanych jezior oraz otrzymane wyniki zestawiono w tab. 1.

WYNIKI

Wapń. Przebadane na zawartość wapnia próby wody z 39 jezior wskazują, iż stężenie tego pierwiastka wahało się dość wyraźnie zarówno w powierzchniowych, jak i przydennych warstwach wody.

W epilimnionie (na głęb. 1 m) minimalną zawartość Ca stwierdzono w jeziorze Płotycze k. Włodawy, gdzie wynosiła ona 5,6 mg/l Ca, maksymalną zaś w jeziorze Liszno, gdzie notowano aż 126 mg/l Ca. Przeciętna zawartość wapnia w powierzchniowych warstwach badanych jezior wynosiła 42,7 mg/l Ca, a dyspersja $\pm 29,3 \text{ mg/l Ca}$.

W hypolimnionie najniższe stężenie Ca równało się 5,6 mg/l Ca w jeziorze Płotycze k. Włodawy, a najwyższe — 76,3 mg/l Ca — w jeziorze Sumin. Średnie stężenie dla wód przydennych wynosiło 35,7 mg/l, zaś dyspersja $\pm 16,1 \text{ mg/l Ca}$.

Porównanie uzyskanych wyników przydennych i powierzchniowych warstw wody wskazuje na zaznaczające się różnice w uwarstwieniu pionowym wapnia w niektórych jeziorach. Wyższe jego stężenie występowało zazwyczaj przy dnie. W jeziorach: Glinki, Sumin, Rotcze, Uścirowskie, Perespa, Płotycze k. Włodawy, Zagłębcze, Białe Włodawskie i Piaseczno nie stwierdzono stratyfikacji pionowej Ca. W tej grupie znajdują się niemal wszystkie najgłębsze jeziora Pojezierza, jak również zbiorniki płytsze, o głębokości nie przekraczającej 10 m. Jeziora:

Ściegienne i Łukcze posiadały wyższą zawartość Ca w epilimnionie, a różnica między powierzchnią a dnem wynosiła 0,4 mg/l Ca.

Magnez. Zawartość magnezu w badanych jeziorach wykazywała również duże zróżnicowanie, aczkolwiek leżą one w jednym geograficznym regionie. W powierzchniowych warstwach wody stężenie Mg wahało się od 0,95 mg/l Mg w Jeziorze Świętym do 10,6 mg/l Mg w Jeziorze Zienkowskim. Średnie stężenie dla tych warstw równało się 3,9 mg/l Mg, zaś dyspersja $\pm 2,4$ mg/l Mg.

W większości badanych jezior wyższą zawartość magnezu stwierdzano przy dnie. Wahała się ona od 1,01 mg/l Mg w Jeziorze Świętym do 10,61 mg/l Mg w Jeziorze Zienkowskim i jeziorze Rotcze. Średnie stężenie dla tej strefy wynosiło 4,3 mg/l Mg, dyspersja natomiast $\pm 2,63$ mg/l Mg.

Porównanie średnich wskazuje, że stężenie magnezu w głębszych warstwach wody było o 0,4 mg/l Mg wyższe niż w warstwach powierzchniowych. Przedział zmienności dla prób wody z powierzchni i znad dna ograniczony był niemal tymi samymi wartościami stężeń. Porównanie wartości liczbowych może sugerować, iż zawartość nieorganicznego Mg w powierzchniowych warstwach wody ulegała obniżeniu na skutek działania czynników wiążących ten pierwiastek.

W niektórych jeziorach stwierdzano wyższą zawartość magnezu przy powierzchni niż przy dnie, a mianowicie w jeziorach: Sumin, Uścimowiec, Głębokie Uścimowskie, Rogóźno i Gumienek. Jednak różnica stężeń nie była znaczna i przeciętnie wynosiła 0,16 mg/l Mg, co mogło być spowodowane błędem metody, przy której dokładność odtworzenia wyników zawarta była w tych samych granicach stężeń. W jeziorach: Ściegienne, Zienkowskie, Glinki i Piaseczno nie stwierdzono różnic w uwarstwieniu pionowym magnezu.

Niewielkie różnice w ułożeniu pionowym magnezu (bądź ich brak) trudne są do zinterpretowania, gdyż notowano je zarówno w zbiornikach płytkich, jak i głębokich, o dużej i małej powierzchni, cechujących się różnym stopniem żyzności oraz zawierających zróżnicowane ilości magnezu. Natomiast znaczne różnice stężeń tego pierwiastka w poszczególnych jeziorach spowodowane są przypuszczalnie gospodarką uprawową okolicznych pól.

Twardość ogólna. Badane jeziora wykazywały duże zróżnicowanie stopnia twardości wód. Najniższą twardość wód powierzchniowych ($1,1^{\circ}$ tw. n.) posiadało jezioro Płotycze, najwyższą zaś ($17,9^{\circ}$ tw. n.) jezioro Liszno. Średnia wynosiła $6,5^{\circ}$ tw. n., a dyspersja $\pm 4,1^{\circ}$ tw. n. Przy dnie najniższą twardość wody wykazywało jezioro Płotycze — $1,1^{\circ}$ tw. n.,

Tab. 1. Morfometria i skład mineralny jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego
Morphometry and mineral composition of the lakes in the Łęczyń and Włodawa Lake District

L.p. - No.	Jezioro - Lake	Powierzchnia w ha Area in ha	Głębokość maksymalna Maximum depth in m	Data pobrania próby Date of sampling	Powierzchniowe warstwy wody Surface water layers						Przydennie warstwy wody Water layers near the bottom							
					Składniki mineralne - Mineral elements						Składniki mineralne - Mineral elements							
					Głęb. pobrania Depth of sampling in m	Ca mg/l	Mg mg/l	T ° w. n.	K mg/l	Fe ogólnie mg/l	P ogólnie mg/l	Głęb. pobrania Depth of sampling in m	Ca mg/l	Mg mg/l	T ° w. n.	K mg/l	Fe ogólnie mg/l	P ogólnie mg/l
1.	Piasczno	84,7	38,80	8 IX 1967	1,0	10,20	3,64	1,91	4,09	0,320	0,020	31,5	10,02	3,64	1,91	3,51	0,84	0,008
2.	Białe k. Włodawy	106,4	33,60	9 VI 1967	1,0	34,10	1,70	5,00	0,91	0,010	0,009	28,0	34,10	1,77	5,00	0,87	0,03	0,008
3.	Krasne	75,9	33,00	7 IX 1967	1,0	26,05	3,85	4,19	2,74	0,400	0,015	28,0	35,60	4,06	5,55	3,06	0,84	0,005
4.	Rogóżno	57,1	25,40	2 VIII 1968	1,0	35,10	1,56	5,20	0,96	0,400	0,078	21,0	42,90	5,51	6,77	1,03	5,60	0,005
5.	Zagłębcze	59,0	23,30	2 VIII 1968	1,0	32,50	4,89	5,23	0,90	0,410	0,001	20,0	32,50	5,10	5,26	0,97	0,22	0,003
6.	Czarne k. Włodawy	23,6	11,40	9 VI 1967	1,0	38,10	1,63	5,60	0,76	0,350	0,033	8,5	44,10	1,90	6,40	0,79	1,00	0,060
7.	Czarne Uścimowskie	24,8	10,30	7 IX 1967	1,0	34,60	2,40	5,20	3,15	0,160	0,030	9,5	40,60	3,02	6,10	3,73	10,00	0,015
8.	Święte	5,7	9,60	10 VI 1967	1,0	8,02	0,95	1,26	2,59	0,040	0,222	9,5	10,02	1,01	1,54	2,72	0,15	0,022
9.	Uścimowiec	26,7	9,40	6 IX 1967	1,0	18,04	2,50	2,88	10,12	0,080	0,030	7,0	22,04	2,40	3,45	11,12	1,12	0,010
10.	Łukcze	56,5	8,90	2 VIII 1968	1,0	28,50	2,81	4,38	1,20	1,300	0,075	4,0	28,00	4,47	4,54	1,15	2,54	0,050
11.	Glinki	46,9	8,80	10 VI 1967	1,0	48,10	2,11	7,14	0,97	0,350	0,043	5,0	48,10	2,11	7,14	0,94	0,50	0,060
12.	Chuteckie	4,6	8,10	17 V 1967	1,0	102,20	1,02	14,40	0,77	0,030	0,120	—	—	—	—	—	—	—
13.	Gumienek	8,1	7,80	1 VIII 1968	1,0	36,90	8,42	6,34	1,94	0,130	0,015	6,5	44,50	8,22	7,38	2,59	1,11	0,015
14.	Płotyckie k. Włodawy	21,0	7,80	25 VII 1968	1,0	5,60	2,29	1,10	2,20	0,200	0,010	4,5	5,60	2,39	1,11	2,63	1,12	0,020
15.	Lipiniec	4,1	7,10	8 VI 1967	1,0	39,10	1,84	5,70	1,15	0,070	0,040	6,0	40,10	1,90	5,90	1,32	0,75	0,095
16.	Głębokie Uścimowskie	20,5	7,10	7 IX 1967	1,0	38,08	2,90	5,74	12,82	0,360	0,009	5,5	42,08	2,60	6,25	13,27	0,59	0,004
17.	Uściwierz	284,1	6,60	3 VIII 1968	1,0	50,10	6,34	7,90	1,22	0,320	0,015	—	—	—	—	—	—	—
18.	Łukie	150,1	6,50	3 VIII 1968	1,0	37,70	8,55	6,19	0,36	1,150	0,035	—	—	—	—	—	—	—

19. Sumin	91,5	6,50	1 VII 1968	1,0	73,70	4,58	10,95	1,04	0,650	0,010	2,0	37,70	4,47	10,94	1,12	0,63	0,075
20. Perespa	24,3	6,20	24 VII 1968	1,0	29,29	3,02	4,51	0,72	0,180	0,017	5,0	29,20	3,85	4,63	0,94	0,18	0,075
21. Głębokie k. Urszulina	12,0	6,00	3 VIII 1968	1,0	54,50	8,63	8,84	4,75	0,460	0,007	4,0	57,70	8,22	9,22	4,68	0,73	0,003
22. Tarnów	3,0	6,00	17 V 1967	1,0	102,28	1,56	14,60	1,36	0,040	0,020	—	—	—	—	—	—	—
23. Ściegienne	27,4	5,40	1 VIII 1968	1,0	37,30	5,62	8,01	1,51	1,550	0,070	3,5	38,90	5,62	5,95	1,58	0,80	0,040
24. Zienkowskie	7,6	4,90	25 VII 1968	1,0	63,39	10,61	10,34	1,00	1,300	0,017	3,0	65,30	10,61	11,62	1,15	14,00	0,012
25. Uścimowskie	66,7	4,40	6 IX 1967	1,0	24,04	4,28	4,00	10,00	0,720	0,060	3,0	24,04	5,10	4,11	9,67	0,96	0,070
26. Rotcze	42,7	4,30	1 VII 1968	1,0	40,50	9,78	7,04	1,37	0,780	0,005	2,0	40,50	10,61	7,15	2,05	2,02	0,010
27. Koseniec	32,6	4,20	24 VII 1968	1,0	53,30	7,28	8,48	0,92	2,970	0,022	—	—	—	—	—	—	—
28. Pniówno	7,7	3,90	19 V 1967	1,0	80,20	3,26	11,80	17,00	0,020	0,046	—	—	—	—	—	—	—
29. Wytyskie	270,1	3,40	3 VIII 1968	pow.	69,30	4,47	10,33	0,58	1,030	0,022	—	—	—	—	—	—	—
30. Czarne Gościńskie	11,6	3,25	1 VIII 1968	1,0	6,80	1,35	1,14	1,86	0,270	0,017	—	—	—	—	—	—	—
31. Syczyn	6,0	3,80	19 V 1967	1,0	116,20	2,92	16,70	8,90	0,020	0,084	—	—	—	—	—	—	—
32. Liszno	—	2,75	18 V 1967	1,0	156,20	1,56	17,90	1,12	0,030	0,036	—	—	—	—	—	—	—
33. Ciesacín	8,0	2,40	1 VII 1968	1,0	27,20	3,84	4,35	0,23	1,200	0,005	—	—	—	—	—	—	—
34. Kleszczów	53,9	2,35	1 VII 1968	pow.	16,80	3,02	2,77	1,48	0,220	0,025	—	—	—	—	—	—	—
35. Mijskie	45,3	2,28	1 VIII 1968	1,0	10,40	4,26	2,05	4,82	0,180	0,030	—	—	—	—	—	—	—
36. Brudzieniec	19,0	2,15	25 VII 1968	1,0	28,40	3,64	4,49	0,61	0,550	0,022	—	—	—	—	—	—	—
37. Brudno	42,0	2,00	25 VII 1968	1,0	28,00	3,84	4,46	0,58	0,880	0,012	—	—	—	—	—	—	—
38. Łukietek	3,0	1,72	2 VIII 1968	pow.	14,00	4,16	2,54	1,57	0,470	0,004	—	—	—	—	—	—	—
39. Rogoźno	3,6	1,33	8 VI 1967	1,0	40,90	5,62	6,51	0,83	0,360	0,015	—	—	—	—	—	—	—

* Morfometria badanych jezior wg Wilgata (22). ** 1° tw. n. = 10 mg/l CaO.

* Morphometry of the examined lakes acc. to Wilgata (22). ** 1° of German hardness = 10 mg/l CaO.

natomiast najwyższą — Jezioro Zienkowskie — $11,62^{\circ}$ tw. n. Średnia dla wód przydennych wynosiła $5,65^{\circ}$ tw. n., zaś odchylenie standardowe $\pm 2,54^{\circ}$ tw. n.

W Jeziorze Ściegiennym stwierdzono wyższą twardość ogólną wody przy powierzchni niż przy dnie. Różnica ta była jednak nieznaczna i wynosiła $0,06^{\circ}$ tw. n., co mogło być uwarunkowane raczej błędem czułości metody aniżeli wystąpieniem wyższego stężenia w górnych warstwach. W jeziorach: Glinki, Sumin, Piaseczno, Białe k. Włodawy i Płotycze k. Włodawy nie stwierdzono różnic w pionowym uwarstwieniu twardości. W tej ostatniej grupie znajdują się zarówno jeziora o bardzo niskiej twardości (Płotycze i Piaseczno), a także jeziora o bardzo wysokiej twardości (Sumin, Glinki).

Znaczne zróżnicowanie twardości ogólnej badanych jezior jest przypuszczalnie spowodowane rzeźbą terenu oraz stopniem kultury agrarnej, mającej wpływ na zasobność w sole mineralne wpływających do licznych jezior wód z najbliższego otoczenia.

P o t a s. W powierzchniowych warstwach wody badanych jezior zawartość potasu kształtowała się w dość dużym zakresie stężeń — od $0,23$ mg/l K w jeziorze Ciesacin aż do $17,0$ mg/l K w bardzo żyznym jeziorze Pniówno. Średnie stężenie wynosiło $2,59$ mg/l K, a dyspersja $\pm 3,52$ mg/l K.

W próbach pobranych z przydennych warstw stwierdzono mniejsze zróżnicowanie stężeń tego pierwiastka. Najniższe stężenie potasu $0,79$ mg/l K notowano w Jeziorze Czarnym Włodawskim, natomiast najwyższe, $13,27$ mg/l K, w Jeziorze Głębokim Uścimowskim. Średnie stężenie potasu wynosiło $3,15$ mg/l K, zaś dyspersja $\pm 3,50$ mg/l K.

Porównanie wartości liczbowych dotyczących zawartości potasu w powierzchniowych i przydennych warstwach wody poszczególnych jezior wskazuje, iż średnie jego stężenie w warstwach przydennych było o $0,56$ mg/l K wyższe niż przy powierzchni.

W powierzchniowych warstwach wody jezior: Glinki, Uścimowskie, Łukcze, Piaseczno i Białe k. Włodawy stwierdzono wyższą zasobność w potas, jednak różnice stężeń potasu między powierzchnią a dnem były nieznaczne i wynosiły od $0,03$ mg/l do $0,58$ mg/l.

Zróżnicowanie zawartości potasu wiąże się prawdopodobnie z intensywnością nawożenia potasowego pól uprawnych, znajdujących się w pobliżu wielu jezior.

Fosfor. W porównaniu z innymi elementami mineralnymi fosfor występuje w wodach w niewielkich ilościach. W badanych jeziorach stwierdzany był również w niewielkich stężeniach. W powierzchniowych warstwach wody tych zbiorników najmniejszą zawartość fosforu, bo zaledwie $0,001$ mg/l P, notowano w jeziorze Zagłęboce, natomiast naj-

większą, 0,12 mg/l P, w Jeziorze Chuteckim. Średnia stężenia tego pierwiastka wynosiła 0,034 mg/l P, zaś dyspersja $\pm 0,40$ mg/l P.

W głębszych warstwach wody najmniejszą ilość fosforu notowano w jeziorze Zagłębcze, 0,003 mg/l P, a największą, 0,095 mg/l P, w jeziorze Lipiniec. Średnia wynosiła 0,029 mg/l P i była dwukrotnie niższa od średniej wód powierzchniowych, na co miała wpływ większa liczba prób pobranych z warstw powierzchniowych. Dyspersja dla prób wody z przydennych warstw równała się $\pm 0,029$ mg/l P.

Po zestawieniu wyników okazało się, że tylko w niektórych jeziorach wraz z głębokością wzrastało stężenie fosforu, a mianowicie w: Glinkach, Uścimowskim, Rotczu, Czarnym Włodawskim, Lipieńcu, Zagłębczu, Perespie i Płotyczu k. Włodawy, a więc w zbiornikach eutroficznych i niektórych eutroficzno-dystrofizujących.

W 11 jeziorach stwierdzono wyższe stężenie fosforu w warstwie powierzchniowej. Do tej grupy należą zbiorniki: Uścimowiec, Głębokie Uścimowskie, Ściegienne, Czarne Uścimowskie, Łukcze, Zienkowskie, Święte, Białe Włodawskie, Rogóźno, Krasne i Piaseczno. W tej grupie znajdują się zarówno zbiorniki znacznie zeutrofizowane (np. Ściegienne, Uścimowiec, Łukcze), jak też najgłębsze na Pojezierzu (np. Piaseczno, Krasne, Białe Włodawskie), zaliczane do jezior oligotroficznych (2). Jedynie w jeziorze Gumienek nie stwierdzono różnicy w zawartości fosforu między strefą powierzchniową a strefą przydenną.

Zjawisko zaobserwowane w dwu ostatnich grupach jezior jest trudne do interpretacji, bowiem większe ilości fosforu gromadzą się zazwyczaj w głębszych warstwach wody, a szczególnie wyraźnie powinno zaznaczać się to w jeziorach eutroficznych.

Żelazo ogólne. Zawartość żelaza w powierzchniowych warstwach wody badanych jezior wahała się od 0,01 mg/l Fe w jeziorze Gumienek do 2,97 mg/l Fe w jeziorze Koseniec. Średnia wynosiła 0,51 mg/l Fe, zaś dyspersja $\pm 0,57$ mg/l Fe.

Przydenne warstwy wody okazały się znacznie zasobniejsze w ten pierwiastek, gdyż już najniższe jego stężenie wynosiło 0,03 mg/l Fe w Jeziorze Białym Włodawskim, a najwyższe aż 10,0 mg/l Fe w Jeziorze Uścimowskim. Średnia zawartość żelaza w tej strefie zamykała się liczbą 2,14 mg/l Fe i w porównaniu ze średnią dla strefy powierzchniowej była aż czterokrotnie wyższa. Również stwierdzono bardzo wysoką dyspersję — $\pm 3,43$ mg/l Fe. Jedynie Sumin i Zagłębcze posiadały nieco wyższe stężenie Fe w powierzchniowych warstwach wody.

DYSKUSJA

W wodach powierzchniowych składniki mineralne wykazują duże zmiany stężeń w zależności od pory roku, jak też w zależności od po-

łożenia geograficznego badanych zbiorników (4—10). Mając na uwadze ten fakt, badania chemizmu wód jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego przeprowadzano w zasadzie w okresie letnim, kiedy zachodzą najintensywniejsze przemiany biologiczne, wpływające na skład chemiczny danego ekosystemu.

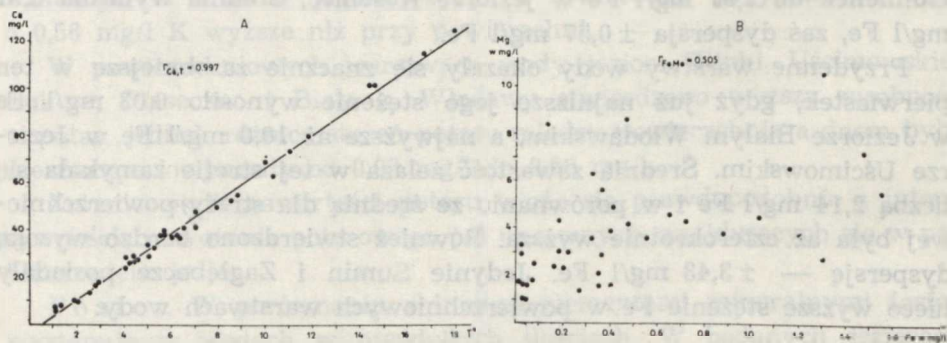
Tab. 2. Współczynniki korelacji pomiędzy pierwiastkami w badanych jeziorach
Correlation coefficients of elements in the examined lakes

Pierwiastek Element	Powierzchnia — Surface					
	Ca	Mg	T	K	P	Fe
Dno — Bottom	Ca	—	0,997*	0,121	0,092	—0,063
	Mg	0,418*	—	0,078	—0,379	0,505*
	T	0,984*	0,560*	—	0,061	—0,023
	K	—0,235	—0,169	—0,242	—	—0,288
	P	0,256	—0,216	0,188	—	—0,126
	Fe	0,395*	0,470*	0,482*	—0,117	—

* Współczynniki korelacji przedstawiono na ryc. 1—2.

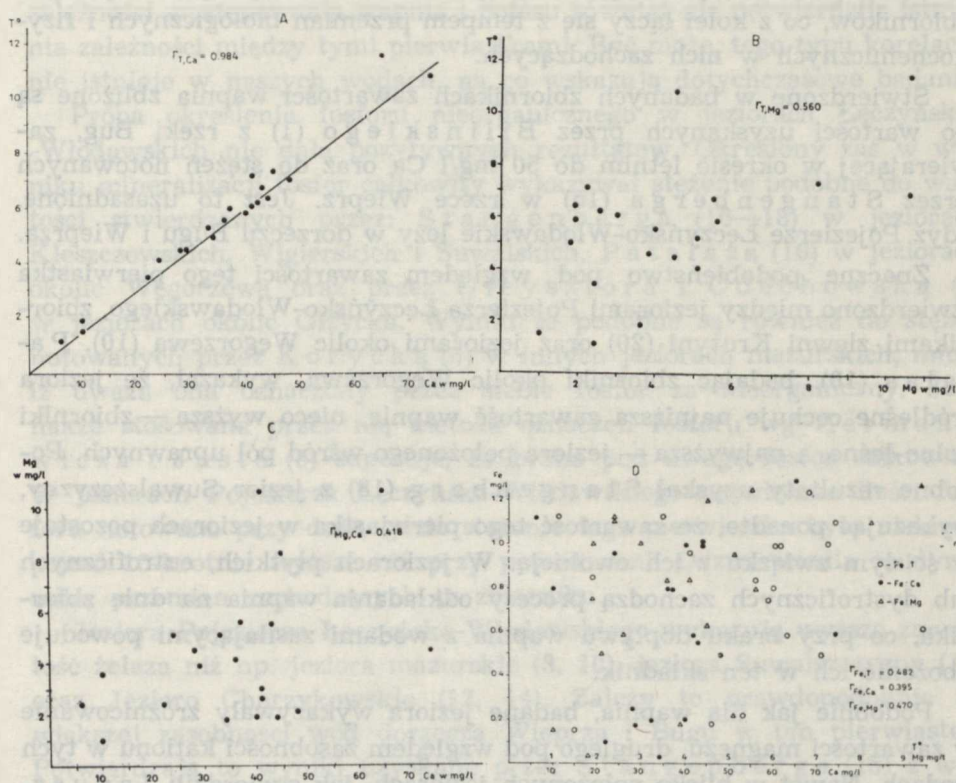
* Correlation coefficients presented in Fig. 1—2.

W celu uzyskania danych dotyczących składu mineralnego badanych jezior oraz charakteru troficznego wód tego regionu wyliczono współczynniki korelacji dla wariantów współzależności między pierwiastkami stwierdzonymi w jeziorach (tab. 2).



Ryc. 1. Korelacje w powierzchniowych warstwach wody; A — pomiędzy zawartością wapnia a twardością, B — pomiędzy zawartością żelaza i magnezu
Correlations in the surface water layers; A — between calcium content and water hardness, B — between iron and magnesium content

Dla powierzchniowych warstw wody badanych jezior stwierdzono istotną zależność zachodzącą pomiędzy twardością ogólną a zawartością wapnia (ryc. 1 A) oraz między zawartością żelaza a ilością magnezu (ryc. 1 B). Innych zależności w tej strefie nie stwierdzono. Natomiast przydenne warstwy wody wykazały znacznie większe skorelowanie między badanymi składnikami mineralnymi. Dość wyraźne zależności notowano między twardością ogólną a zawartością wapnia (ryc. 2 A), między twardością a występowaniem magnezu (ryc. 2 B). Stwierdzono również znaczną zależność pomiędzy zawartością wapnia a magnezu w przydennych warstwach wody (ryc. 2 C). Notowano także dość wysokie wartości współczynników korelacji między żelazem a wapniem, żelazem a magnezem oraz między żelazem i twardością (ryc. 2 D).



Ryc. 2. Korelacje w przydennych warstwach wody; A—pomiędzy zawartością wapnia a twardością, B—pomiędzy twardością a zawartością magnezu, C—pomiędzy zawartością wapnia i magnezu, D—pomiędzy zawartością żelaza a twardością, żelaza i wapnia oraz żelaza i magnezu

Correlations in water layers near the bottom; A—between calcium content and water hardness, B—between water hardness and magnesium content, C—between calcium and magnesium content, D—between iron content and water hardness, iron and calcium content, and iron and magnesium content

Stężenie wapnia, czynnika tak istotnego dla produkcji materii organicznej, jest zróżnicowane w jeziorach Łęczyńsko-Włodawskich, ale nie odbiega od zawartości stwierdzonych w wodach powierzchniowych innych regionów Polski.

Są to przeważnie zbiorniki o średniej zawartości wapnia, stężenie bowiem waha się od 25 do 65 mg/l Ca. Tylko w jeziorach: Chuteckim, Tarnów, Syczyn i Liszno notowano bardzo wysoką koncentrację tego pierwiastka, bo wynoszącą ponad 100 mg/l Ca (tab. 1). Dość duże zróżnicowanie zawartości wapnia w poszczególnych jeziorach, leżących na niewielkim stosunkowo terenie, zależy prawdopodobnie od podłoża geologicznego i glebowego, a więc wiąże się z położeniem topograficznym (z otoczeniem: las, pola uprawne, łąki, torfowiska itp.) poszczególnych zbiorników, co z kolei łączy się z tempem przemian biologicznych i fizykochemicznych w nich zachodzących.

Stwierdzone w badanych zbiornikach zawartości wapnia zbliżone są do wartości uzyskanych przez Bilińskiego (1) z rzeki Bug, zawierającej w okresie letnim do 50 mg/l Ca oraz do stężeń notowanych przez Stangenberg (15) w rzece Wieprz. Jest to uzasadnione, gdyż Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie leży w dorzeczu Bugu i Wieprza.

Znaczne podobieństwo pod względem zawartości tego pierwiastka stwierdzono między jeziorami Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, zbiornikami zlewni Krutyni (20) oraz jeziorami okolic Węgorzewa (10). Patalas (10), badając zbiorniki okolic Węgorzewa, wykazał, że jeziora śródlądne cechuje najniższa zawartość wapnia, nieco wyższa — zbiorniki polno-leśne, a najwyższa — jeziora położonego wśród pól uprawnych. Podobne rezultaty uzyskał Stangenberg (18) z jezior Suwalszczyzny, wykazując ponadto, że zawartość tego pierwiastka w jeziorach pozostaje w ścisłym związku z ich ewolucją. W jeziorach płytkich, eutroficznych lub dystroficznych zachodzą procesy odkładania wapnia na dnie zbiornika, co przy braku dopływu wapnia z wodami zasilającymi powoduje ubożenie ich w ten składnik.

Podobnie jak dla wapnia, badane jeziora wykazywały zróżnicowanie w zawartości magnezu, drugiego pod względem zasobności kationu w tych wodach. Nawet w blisko położonych jeziorach, jak stwierdzili Januszkiewicz i Jakubowska (14) oraz Korzeniowski (7), stężenie tego pierwiastka zależy od wód wpadających do zbiornika i od mechanizmu ich mieszania się, a także od miejsca pobrania próby. Również Korycka (6) notowała znaczne zróżnicowanie zawartości magnezu w badanych przez nią zbiornikach; wynosiło ono od 0,87 mg/l do 18,4 mg/l.

Należy nadmienić, że na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim w jeziorach o najwyższej zawartości wapnia stwierdzono stosunkowo niewielkie ilości magnezu, w pozostałych zaś jeziorach z reguły wyższym stężeniom wapnia odpowiadały wyższe zawartości magnezu.

Twardość wody badanych jezior ściśle korelowała z zawartością wapnia, co jest uzasadnione, gdyż stanowił on główny kation. Zmienność tego składnika układała się podobnie do zmienności stwierdzonej przez Gieysztora i Odechowską (3) w jeziorach okolic Giżycka oraz przez Patalasa (10) w jeziorach regionu Węgorzewa.

Zawartość potasu, pomimo znacznego zróżnicowania stężeń w poszczególnych jeziorach, nie korelowała z innymi składnikami mineralnymi. Przeprowadzona przez Patalasa (10) próba wykazania współzależności występowania wapnia i potasu również nie potwierdziła istnienia zależności między tymi pierwiastkami. Być może, tego typu korelacja nie istnieje w naszych wodach, na co wskazują dotychczasowe badania.

Próba określenia fosforu nieorganicznego w jeziorach Łęczyńsko-Włodawskich nie dała pozytywnych rezultatów. Określony zaś w wyniku mineralizacji fosfor całkowity wykazywał stężenie podobne do wartości stwierdzanych przez: Stangenberga (16—18) w jeziorach Kleszczowskich, Wigierskich i Suwalskich, Patalasa (10) w jeziorach okolic Węgorzewa oraz przez Gieysztora i Odechowską (3) w jeziorach okolic Giżycka. Wyniki te podobne są również do stężeń notowanych przez Korycką (6) w innych jeziorach mazurskich, mimo iż uważa ona oznaczony przez siebie fosfor za nieorganiczny. Jednakże stosowana przez nią metoda oznaczeń fosforu wg Hermanowicza i Justa (5) sugeruje, że brano pod uwagę fosfor całkowity. W jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego największe ilości fosforu notowano przy dnie, gdzie stężenie tego pierwiastka było niekiedy ponad 10-krotnie wyższe niż przy powierzchni. Odzwierciedla to dynamikę przemian zachodzących w zbiorniku.

Jeziora Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego wykazują wyższą zawartość żelaza niż np. jeziora mazurskie (3, 10), jeziora Suwalszczyzny (18) oraz Jezioro Charzykowskie (12, 14). Zależy to prawdopodobnie od większej zasobności wód dorzecza Wieprza i Bugu w ten pierwiastek. Potwierdzają to wyniki uzyskane przez Stangenberga (15) z wód Wieprza, gdzie zawartość żelaza wahała się od 0,3 mg/l do 6,0 mg/l oraz dane wykazane przez Bilińskiego (1), który stwierdził stężenie tego kationu w wodach Bugu w granicach od 0,3 mg/l do 3,0 mg/l. Jest prawdopodobne, że istnieje związek pomiędzy stężeniem żelaza w wodach badanych jezior a jego stężeniem w Bugu i Wieprzu, w których dorzeczu te zbiorniki są położone. Zależność ta nie musi być jednak wyraźna, gdyż na zawartość żelaza wpływa również szereg czyn-

ników abiotycznych i biotycznych związanych z dynamiką przemian zachodzących w wodach jezior.

Na podstawie uzyskanych wyników można przypuszczać, że stratyfikacja pionowa żelaza w jeziorach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego jest wyraźniej zaznaczona niż w zbiornikach wodnych innych regionów Polski.

PIŚMIENNICTWO

1. Biliński J., Czyż K., Moraczewski G.: Charakterystyka stanu zanieczyszczenia rzeki Bug. *Prace Instytutu Gospodarki Wodnej*, 3, 3, 35—102 (1965).
2. Fijałkowski D.: Szata roślinna jezior Łęczyńsko-Włodawskich i przyległych do nich torfowisk. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, 14, 131—206 (1959), Lublin 1960.
3. Gieysztor M., Odechowska Z.: Observations on the Thermal and Chemical Properties of Mazurian Lakes in the Giżycko Region. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 4, 123—152 (1958).
4. Januszkiewicz T., Jakubowska L.: Jezioro Klasztorne w Kartuzach — studium hydrochemiczne. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 11, 275—326 (1963).
5. Just J., Hermanowicz W.: Fizyczne i chemiczne badania wody do picia i potrzeb gospodarczych, Warszawa 1964, 76—77, 151—152.
6. Korycka A.: Seasonal Changes in Water Chemical Composition in Seven Lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 16, 1—29 (1969).
7. Korzeniowski K.: Hydrochemical Study of a Springwater Lake on the Example of the Lake Jasień. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 15, 153—175 (1968).
8. Levine H., Rowe G. J., Grimaldi F. S.: *Anal. Chem.*, 27, 258—262 (1955).
9. Ohle W.: Über den Kaliumgehalt der Binnengewässer. *Vom Wasser*, 14 (1940).
10. Patalas K.: Charakterystyka składu chemicznego wody 48 jezior okolic Węgorzewa. *RNR, seria B*, 77, 1, 243—297 (1960).
11. Pieters H. A., Hanssen W. J., Guerts J. J.: Colorimetric Determination of Magnesium. *Anal. Chem., Acta* 2, 241—409 (1948).
12. Solski A.: Szkic limnologiczny jezior charzykowskich i jeziora Wdzydze. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 12, 181—231 (1964).
13. Stangenberg-Oporowska K.: Studia nad chemizmem wód stawów karpiovych w Miliczu. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 9, 37—157 (1961).
14. Stangenberg M.: Morfometria i skład chemiczny wody jeziora Charzykowo. *Jezioro Charzykowo I*. Warszawa 1950, 9—42.
15. Stangenberg M.: Ogólny pogląd na skład chemiczny wód rzecznych Polski. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 4, 289—359 (1958).
16. Stangenberg M.: Charakterystyka limnologiczna jezior grupy Kleszczowieckiej i Hańczańskiej na pojezierzu Suwalszczyzny. *Rozpr. i Spraw. Inst. Bad. Lasów Państw., seria A*, 23, 5—117 (1937).
17. Stangenberg M.: Fosforany, azotany, siarczany i chlorki jezior Wigierskich w czasie cyrkulacji jesiennej. *Rozpr. Spraw. Inst. Badaw. Las. Państw., seria A*, 25, 5—20 (1937).
18. Stangenberg M.: Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych Pojezierza Suwalskiego. *Rozpr. i Spraw. Inst. Bad. Lasów Państw., seria A*, 19, 7—85 (1936).

19. Struszyński M., Marczenko Z., Nowicka T.: Fotokolorymetryczne oznaczanie żelaza za pomocą α , α -dwupirydyлу. *Przem. Chem.*, 9, 293 (1953).
20. Szczepański A.: Limnology of the Krutynia Drainage Area. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 15, 191—209 (1968).
21. Wilgat T.: Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, 8, 37—121 (1953), Lublin 1954.

РЕЗЮМЕ

В 1967—1968 гг. в весенне-летнем периоде с 39 озер Ленчиньско-Влодавского поозерья был проведен сбор материалов. Из каждого озера брали по 2 пробы: одна из слоя воды на глубине 1 м, а другая из придонных слоев воды (от 0,5 м до 1 м над дном).

Содержание кальция и общую жесткость воды определяли пипеточным методом Юста и Хермановича (6), магний методом желтого титана (12) при применении спектрофотометра (Spekol). Железо определяли после его предварительного редуцирования в двухвалентное по методу Струшиньского и Марченко (20), а фосфор — фотометрически с применением фосфомолибденовой сини (9).

Констатировали, что содержание кальция в воде 39 озер колеблется довольно резко как в верхних слоях воды, так и в придонных (табл. 1).

В большинстве исследованных озер наибольшее содержание магния определено у дна (табл. 1). Сравнение полученных средних содержаний этого элемента показывает, что концентрация магния в глубоких слоях воды на 0,4 мг/л Mg больше, чем в верхних слоях.

Исследования озер показали большую дифференциацию модуля жесткости воды. Самая низкая жесткость верхних слоев воды (1,1 модуля жесткости) обнаружена в озере Плотице, а самая высокая (17,9) в озере Лишно.

Средняя концентрация калия в придонных слоях на 0,56 мг/л K больше, чем в верхних слоях.

Фосфор по сравнению с другими минеральными элементами в исследованных озерах выступал в небольших количествах (табл. 1).

SUMMARY

Material was collected from 39 lakes (Table 1) of the Łęczna and Włodawa Lake District during the spring-summer period of 1967—1968. From each lake there were taken two samples, the one from the depth of 1 m and the other from the water layers near the bottom (from 0.5 m to 1.0 m above the bottom).

Calcium content and total water hardness were determined titrimetrically acc. to Just and Hermanowicz (6). Magnesium was

assayed by Clayton yellow method (12) with the use of spectrophotometer (Spekol). Iron, after its reduction to a divalent one, was determined acc. to Struszyński and Marczenko (20). The rate of phosphorus content was photometrically determined with the use of phosphoromolybdenum blue (9).

It was stated, as a result of analysis, that calcium content in the waters of 39 lakes clearly fluctuated both in the surface water layers and those near the bottom (Table 1). In a majority of the examined lakes a greater magnesium content was found near the bottom (Table 1). The comparison between mean values of this element showed that magnesium concentration was 0.4 mg/l Mg higher in deeper water layers than in the surface layers.

The examined lakes showed great differentiation in the rate of water hardness. The lake Płotycze was characterized by the lowest hardness of surface waters (1.1 degree of hardness) and the lake Liszno—the highest (17.9). Mean concentration of potassium was 0.56 mg/l K higher in the layers near the bottom than near the surface. Phosphorus, in comparison with other mineral elements in the examined lakes, appeared in smaller amounts (Table 1).