

## Skład chemiczny wód nadosadowych i roztworów porowych w osadach jeziora Wigry

Robert Zdechlik<sup>1</sup>, Urszula Aleksander-Kwaterczak<sup>1</sup>

Chemical composition of overlying water and pore water in sediments from Wigry Lake. *Prz. Geol.*, 63: 1145–1149.

*Abstract.* This research was conducted in the area of Wigry Lake, which is one of the largest and deepest lakes in Poland. It consists of several parts which differ in size, depth, number of islands, chemical composition of water and the nature of shores.

To assess variations in chemical composition of the pore water and overlying water, seven research positions were selected. They belong to one of three zones: profundal, littoral and dystrophic. Water characteristics are presented in statistical approach, using the background concentrations determined by the probability method.

Chemical composition of the overlying water taken from profundal locations is similar to that from littoral parts of the lake. These are multi-ion waters of  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  type. They have low mineralization (268–552  $\text{mg/dm}^3$ ) and are weakly alkaline (pH from 7.49 to 7.77). The situation is different with the composition of the water taken from the dystrophic lake ( $\text{SO}_4\text{-Ca-Mg}$ ). These are low mineralization (28  $\text{mg/dm}^3$ ) and acid waters (pH = 5.35).

Dominant in pore solutions is multi-ion  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  or  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$  water with mineralization 445–2032  $\text{mg/dm}^3$  and pH between 7.39–8.23 (littoral positions),  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$  and  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  water with mineralization 479–762  $\text{mg/dm}^3$  and pH from 7.59 to 7.89 (profundal positions). Definitely different chemical compositions have pore water from dystrophic lake: hydrochemical type changes with depth, from the  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ , via  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$  and  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-K-Ca}$ , to the  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$ . Their mineralization is very low (49–69  $\text{mg/dm}^3$ ) and pH changes from 7.25 to 8.01.

**Keywords:** Wigry Lake, pore water, chemical composition, dystrophic lake

Badaniami objęto jezioro Wigry, położone na pograniczu Pojezierza Wschodniosuwalskiego i Równiny Augustowskiej. Jest to jedno z największych i najgłębszych jezior w Polsce (Jańczak, 1999), składające się z kilku części (płos), różniących się powierzchnią, głębokością, liczbą wysp, charakterem brzegów oraz składem chemicznym wód. Występują w nim zarówno rozległe płycizny, jak i nieregularne lub wydłużone głębie (do 40–50 m). O wielkości i dynamice dopływu wody do Wigier decydują głównie dwie rzeki: Czarna Hańcza i Wiatrołuża. Pozioma wymiana wody stanowi od 46,5 do 50,0% całkowitej ilości wód biorących udział w rocznym cyklu krążenia w jeziorze Wigry. Ważną rolę w cyrkulacji wód w jeziorze odgrywają także wody podziemne (Bajkiewicz-Grabowska, 2009). Wody zasilające jezioro, zarówno rzeczne, jak i podziemne, są bogate w rozpuszczony węgiel wapnia, pochodzący głównie z rozpuszczania bogatych w węglany formacji plejstoceniowych (Rutkowski, 2004).

Jezioro Wigry przejawia wysoką naturalną odporność na degradację, wynikającą z czynników morfometrycznych: znacznej powierzchni akwenu i pojemności, korzystnego usytuowania dopływu względem odpływu oraz niewielkiego wpływu zlewni bezpośredniej. O stanie czystości wód jeziora Wigry decydują procesy fizyczno-chemiczne zachodzące w Czarnej Hańczy: rozcieńczanie, strącanie oraz sedymentacja związków mineralnych i organicznych (Zdanowski & Hutorowicz, 1997). Największą powierzchnię dna jeziora Wigry zajmują gytie węglanowe. Są to utwory węglanowo-organiczne charakterystyczne dla profundalu, o barwie brązowej, ciemnoszarej, niekiedy czarnej. Głównym składnikiem gytii jest węgiel wapnia (do 80%). Występuje również substancja organiczna. Gytie węglanowe są bardzo drobnoziarniste, co powoduje ich słabą wodoprze-

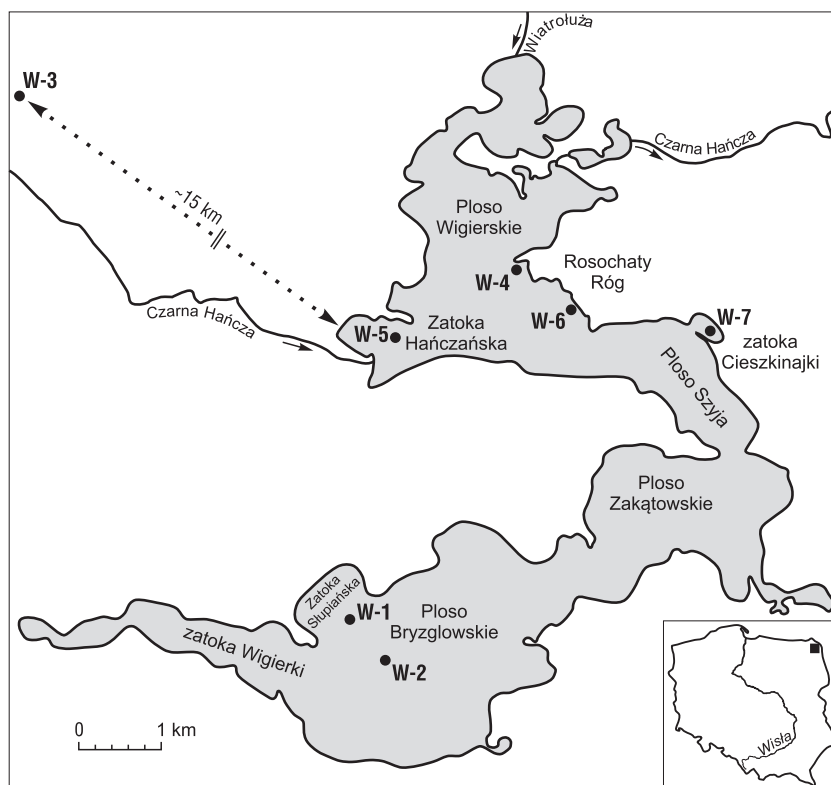
puszczalność. Zawartość wody w gytiach jest bardzo wysoka i sięga nawet 96%, natomiast ich gęstość objętościowa jest bardzo niska (1,05–1,24  $\text{g/cm}^3$ ). W strefie litoralnej przeważają osady czysto węglanowe (kreda jeziorna), o jasnej barwie, o znacznej zawartości frakcji pylastej i ilastej, stosunkowo wysokiej gęstości objętościowej (1,2–1,5  $\text{g/cm}^3$ ) i wysokiej zawartości węgla wapnia (>80%). Natomiast w pobliżu brzegów miejscami występują osady klastyczne (Rutkowski, 2004; Rutkowski i in., 2006, 2009). W Zatoce Hańczańskiej, w pobliżu ujścia Czarnej Hańczy, występują specyficzne osady rzeczno-jeziorne. Są to gytie bezwęglanowe o ciemnej barwie, niskiej gęstości objętościowej (1,01–1,05  $\text{g/cm}^3$ ) i zawartości węgla wapnia (3–14%) oraz bardzo wysokiej zawartości substancji organicznej (35–50%) (Aleksander-Kwaterczak & Proszowicz, 2007). W rejonie jeziora Wigry występują również tzw. suchary – niewielkie, izolowane i bezodpływowe jeziora, powstałe w miejscach wytopienia brył lodu po ostatnim zlodowaczeniu. Osady w nich występujące są zbudowane z kwasów humusowych powstających z rozkładu substancji organicznych, przy braku lub nieznacznej domieszce węgla wapnia (Rutkowski i in., 2006).

Celem artykułu jest zaprezentowanie syntetycznych rezultatów oznaczeń parametrów fizyczno-chemicznych wód nadosadowych i roztworów porowych w osadach jeziora Wigry. Charakterystykę hydrochemiczną przedstawiono w nawiązaniu do przyjętej rejonizacji stanowisk badawczych, z uwzględnieniem zróżnicowania typów osadów

### OPRÓBOWANIE I METODY BADAŃ

Do oceny zmienności składu chemicznego wód porowych i nadosadowych w jeziorze Wigry wytypowano łącznie siedem stanowisk badawczych (ryc. 1), zaliczanych do

<sup>1</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; robert.zdechlik@agh.edu.pl; aleksa@geol.agh.edu.pl.



**Ryc. 1.** Lokalizacja stanowisk opróbowania wód nadosadowych i osadów dennych  
**Fig. 1.** Sampling points of overlying water and sediments locations

jednej z trzech grup o zróżnicowanych typach osadów: litoralnej, profundalnej i dystroficznej (tzw. sucharów).

W grupie osadów litoralnych (Rutkowski i in., 2009) wydzielono stanowiska:

- W-2 – płycizna w obrębie Płosa Bryzglowskiego (54°00,520'N i 23°04,520'E);
- W-4 – zatoka w Rosochatym Rogu, Płosa Wigierskie (54°03,450'N i 23°05,025'E);
- W-5 – Zatoka Hańczańska, Płosa Wigierskie (54°02,680'N i 23°04,800'E);
- W-6 – Rosochaty Róg, Płosa Wigierskie (54°03,051'N i 23°05,420'E).

W stanowiskach W-2 i W-6 badane osady tworzy kreda jeziorna, w stanowisku W-4 pojawia się gytia węglanowa, natomiast stanowisko W-5 jest położone w strefie mieszania się zanieczyszczonych wód rzeki Czarnej Hańczy z relatywnie czystymi wodami jeziora Wigry, gdzie osady buduje gytia bezwęglanowa.

Stanowiska profundalne (Rutkowski i in., 2009), w których występuje głównie gytia węglanowa, reprezentują punkty:

- W-1 – Zatoka Słupiańska, Płosa Bryzglowskie (54°01,002'N i 23°04,300'E);
- W-7 – Zatoka Cieszkinajki, Płosa Szyja, (54°02,963'N i 23°07,541'E).

Natomiast ocenę warunków hydrochemicznych w dość licznych w sąsiedztwie jeziora Wigry jeziorach dystroficznych, tzw. sucharach, przeprowadzono na podstawie wyników badań ze stanowiska W-3 (Suchar, 54°05,318'N i 23°01,346'E), w którym stwierdzono występowanie gytii bezwęglanowej. Ze względu na specyfikę stanowisk W-3 (zbiornik dystroficzny) oraz W-5 (Zato-

ka Hańczańska – obszar podlegający największej antropopresji), w dalszej analizie potraktowano je indywidualnie.

Próbki wód nadosadowych i osadów dennych z poszczególnych punktów pobrano w latach: 2005 (W-1, W-2 i W-3), 2007 (W-4 i W-5) oraz 2008 (W-6 i W-7). Rdzenie osadów z dna jeziora pobierano przy użyciu sondy grawitacyjnej. Opróbowano profil osadów w zakresie głębokości od 30 do 100 cm, pobierając próbki w interwałach 5-, 10-, 15- lub 20-centymetrowych, w zależności od lokalnych uwarunkowań. Z poszczególnych stanowisk pobrano od 3 do 4 próbek osadów, co łącznie dało 25 próbek osadów i 7 próbek wód nadosadowych.

Roztwory porowe wydzielono metodą odwirowania, wykorzystując wirówkę laboratoryjną firmy Beckman, z rotorem umieszczonym w płaszczyźnie horyzontalnej. Wirowanie prowadzono z prędkością 3000 obr/min, w czasie 20 minut. Badania laboratoryjne składu chemicznego wód przeprowadzono w Laboratorium Hydrogeochemicznym Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie. W pobranych próbkach wody

oznaczono, zgodnie z metodyką podaną w tabeli 1, wskaźniki ogólne wody (pH, Eh i PEW) oraz podstawowe kationy ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$  i  $\text{K}^{+}$ ) i aniony ( $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{HCO}_3^{-}$ ).

## OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników Badań

### Charakterystyka hydrochemiczna wód nadosadowych

Charakterystykę wód nadosadowych przedstawiono w ujęciu statystycznym, wykorzystując do tego celu tło hydrochemiczne wyznaczone metodą prawdopodobieństwa. Jako granicę tła przyjęto wartości stężeń analizowanych wskaźników fizyczno-chemicznych, odpowiadające prawdopodobieństwu wystąpienia 16% (percentyl 16%) – dolna granica i 84% (percentyl 84%) – górna granica tła (Kania, 2002; Szczepańska & Kmiecik, 2005). W przypadku wód

**Tab. 1.** Metody oznaczeń parametrów fizyczno-chemicznych wody  
**Table 1.** Methods of physico-chemical parameters determinations

Parametr Parameter	Metoda oznaczenia Methods	
pH	potencjometryczna potentiometric	PN-C-04540-01:1990
PEW EC	konduktometryczna conductometric	PN-EN 27888:1999
Eh	elektrochemiczna electrochemical	–
Kationy i aniony Ion concentration	ICP-MS ICP-MS	PN-EN ISO 17294-2:2006, PN-EN ISO 17294-1:2007
Chlorki Chlorides	miareczkowa (metoda Mohra) titration (Mohr method)	PN-EN ISO 9297:1994
Zasadowość Alkalinity	miareczkowa titration	PN-EN ISO 9963-1:2001+Ap1:2004

nadosadowych tło wyznaczono odrębnie dla stanowisk litoralnych (W-2, W-4 i W-6) oraz dla stanowisk profundalnych (W-1 i W-7). Mała liczba pomiarów nie pozwoliła na określenie tła dla wód nadosadowych w sucharach (W-3) oraz dla wód podlegających silnej antropopresji (W-5).

Wody nadosadowe pobrane ze stanowisk litoralnych (tab. 2) odznaczają się małą zmiennością odczynu pH, od 7,31 (W-6) do 8,63 (W-2), oraz niewielką mineralizacją (od 270,6 mg/dm<sup>3</sup> w W-2, po 334,0 mg/dm<sup>3</sup> w W-4). Są to wody słabo zasadowe, o zbliżonym typie hydrochemicznym wg klasyfikacji Szczukariewa-Prikłóńskiego: HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg (W-4 i W-6) oraz HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg (W-2). Nieco odmiennie kształtuje się skład chemiczny wód nadosadowych pobranych ze stanowiska W-5 (Zatoka Hańczańska – obszar podlegający antropopresji). Są to wody o odczynie słabo zasadowym (pH = 7,62), nieznacznie podwyższonej mineralizacji (552,0 mg/dm<sup>3</sup>) i typie hydrochemicznym HCO<sub>3</sub>-Ca.

Skład chemiczny wód nadosadowych pobranych ze stanowisk profundalnych (tab. 2) jest zbliżony do składu wód ze stanowisk litoralnych. Są to również wody słabo zasadowe,

ich odczyn pH zmienia się w od 7,49 (W-7) do 7,77 (W-1), typ hydrochemiczny wód jest podobny (HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca w W-7 oraz HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg w W-1), a mineralizacja niewielka (268,1 mg/dm<sup>3</sup> w W-7 i 326,6 mg/dm<sup>3</sup> w W-1).

Odmienne przedstawia się skład chemiczny wód nadosadowych pobranych ze zbiornika dystroficznego, tzw. suchara (stanowisko W-3 – ryc. 1). Są to wody o odczynie kwaśnym (pH = 5,35), o bardzo niskiej mineralizacji (28,0 mg/dm<sup>3</sup>) i typie hydrochemicznym SO<sub>4</sub>-Ca-Mg. Naturalne zakwaszanie wód jest powodowane dopływem substancji humusowych, przy równoczesnym braku odpływu.

### Charakterystyka hydrochemiczna roztworów porowych z osadów dennych

Do oceny składu fizyczno-chemicznego wód porowych wydzielonych z osadów dennych pobranych z poszczególnych stanowisk badawczych wykorzystano tło hydrochemiczne wyznaczone metodą prawdopodobieństwa, analogicznie

**Tab. 2.** Tło hydrochemiczne głównych wskaźników fizyczno-chemicznych w wodach nadosadowych  
**Table 2.** Hydrochemical background values of the main physico-chemical parameters of overlying water

Wskaźnik Parameter	Rejonizacja stanowiska Research area	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Rozstęp Interval	Wartość średnia Mean value	Percentyl Percentile 16%	Percentyl Percentile 84%
pH	litoral <i>lithoral</i>	7,31	8,63	1,32	–	7,33	8,23
	profundal <i>profundal</i>	7,49	7,77	0,28	–	7,53	7,72
Mineralizacja Total dissolved solids [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	270,6	334,0	63,4	306,3	284,6	327,7
	profundal <i>profundal</i>	268,1	326,6	58,5	297,4	277,5	317,2
Ca <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	39,16	61,83	22,67	50,26	42,56	57,98
	profundal <i>profundal</i>	49,60	51,37	1,77	50,49	49,88	51,09
Mg <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	10,38	16,05	5,67	13,74	11,794	15,65
	profundal <i>profundal</i>	10,44	14,55	4,11	12,50	11,10	13,89
Na <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	3,15	16,05	12,90	9,33	4,96	13,73
	profundal <i>profundal</i>	3,19	8,66	5,47	5,93	4,07	7,79
K <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	1,38	3,59	2,21	2,577	1,822	3,32
	profundal <i>profundal</i>	1,67	4,87	3,20	3,27	2,18	4,36
Cl <sup>-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	14,00	16,40	2,40	15,17	14,35	15,98
	profundal <i>profundal</i>	13,20	13,80	0,60	13,50	13,30	13,70
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	20,00	39,53	19,53	29,64	23,01	36,29
	profundal <i>profundal</i>	5,00	55,37	50,37	30,19	13,06	47,31
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral <i>lithoral</i>	147,60	200,00	52,40	181,87	163,73	199,36
	profundal <i>profundal</i>	167,90	178,00	10,10	172,95	169,52	176,38

**Tab. 3.** Tło hydrochemiczne głównych wskaźników fizyczno-chemicznych w roztworach porowych  
**Table 3.** Hydrochemical background values of the main physico-chemical parameters of pore water

Wskaźnik Parameter	Rejonizacja stanowiska Research area	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Rozstęp Interval	Wartość średnia Mean value	Percentyl Percentile 16%	Percentyl Percentile 84%
pH	litoral / <i>lithoral</i>	7,61	8,23	0,62	–	7,75	8,14
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	7,39	7,71	0,32	–	7,44	7,66
	profundal / <i>profundal</i>	7,59	7,89	0,30	–	7,61	7,76
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	7,25	8,01	0,76	–	7,32	7,76
Mineralizacja Total dissolved solids [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	445,6	1118,7	673,1	678,5	486,0	989,5
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	1102,4	2031,7	929,3	1670,9	1350,8	1982,7
	profundal / <i>profundal</i>	479,0	762,0	283,0	581,5	510,7	657,1
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	49,5	69,1	19,6	61,4	55,2	67,4
Ca <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	68,35	245,00	176,65	132,39	83,67	224,62
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	252,90	472,70	219,80	385,30	309,67	459,13
	profundal / <i>profundal</i>	85,36	152,60	67,24	112,21	97,62	127,06
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	3,52	7,45	3,93	4,71	3,66	5,82
Mg <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	11,45	22,75	11,30	17,23	14,14	19,62
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	16,06	30,23	14,17	25,05	20,16	29,79
	profundal / <i>profundal</i>	12,28	20,98	8,70	15,36	12,91	19,27
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	0,38	1,17	0,79	0,70	0,49	0,92
Na <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	3,76	22,75	18,99	11,76	6,43	18,06
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	7,11	28,87	21,76	20,73	13,22	28,02
	profundal / <i>profundal</i>	5,08	10,29	5,21	8,09	5,31	9,55
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	1,91	8,35	6,44	3,71	1,92	5,60
K <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	2,12	5,26	3,14	3,74	2,38	4,98
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	2,28	77,82	75,54	30,38	5,08	56,45
	profundal / <i>profundal</i>	2,40	6,25	3,85	4,93	4,07	6,00
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	2,51	10,53	8,02	4,88	2,83	7,07
Cl <sup>-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	7,6	30,3	22,7	20,55	11,6	27,9
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	26,8	93,1	66,3	52,7	30,4	75,5
	profundal / <i>profundal</i>	9,5	26,5	17,0	18,3	10,3	25,4
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	2,8	4,1	1,3	3,4	2,9	3,8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	7,26	344,20	336,94	104,71	11,38	261,82
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	357,80	947,20	589,40	737,00	533,22	934,02
	profundal / <i>profundal</i>	40,45	215,60	175,15	107,64	54,42	159,06
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	5,95	10,83	4,88	7,84	6,35	9,37
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	litoral / <i>lithoral</i>	278,0	436,2	158,2	337,3	282,8	394,4
	Zatoka Hańczańska <i>Hańczanska Bay</i>	263,0	346,0	83,0	308,3	280,0	336,4
	profundal / <i>profundal</i>	233,0	302,0	69,0	266,8	259,9	276,1
	suchar / <i>dystrophic lake</i>	12,50	22,50	10,00	19,2	16,15	22,02

jak dla wód nadosadowych. Tło określono oddzielnie dla poszczególnych obszarów, zgodnie z przyjętą rejonizacją stanowisk opróbowania.

Dla stanowisk litoralnych (W-2, W-4, W-6 oraz W-5) wartości pH w wodach porowych (tab. 3) nie odbiegają znacząco od wartości notowanych w wodach nadosadowych (tab. 2). Wraz z głębokością pobrania osadu w więk-

szości stanowisk następuje niewielki wzrost pH (W-4, W-6 i W-5) bądź zmienność pH ma charakter mozaikowy (W-2). Najczęściej występują wody wielojonowe typu HCO<sub>3</sub>-Ca, HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg lub HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg, a roztwory z płytkiego, poddanego antropresji stanowiska W-5 to wody typu SO<sub>4</sub>-Ca lub SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Ca. Efektem zróżnicowania charakteru hydrochemicznego wód porowych jest również

wyraźna zmienność ich mineralizacji: niższe wartości notowano w roztworach z osadów pobranych w pobliżu Rosochatego Rogu (od 445,6 mg/dm<sup>3</sup> na głębokości 20–30 cm na stanowisku W-6, do 1118,7 mg/dm<sup>3</sup> na głębokości 0–15 cm na stanowisku W-4). Zdecydowanie wyższą mineralizację roztworów porowych stwierdzono w osadach pobranych w Zatoce Hańczańskiej na stanowisku W-5 (do 2031,7 mg/dm<sup>3</sup> na głębokości 15–30 cm).

Stanowiska profundalne (tab. 3) odznaczają się większą jednorodnością składu chemicznego wód porowych w profilu pionowym osadów. Dominuje typ HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca, a jedynie w przedziale 30–50 cm na stanowisku W-1 występują wody HCO<sub>3</sub>–Ca–Mg. W obydwu stanowiskach odczyn roztworów porowych jest bardzo zbliżony, pH zmienia się od 7,59 (W-7) do 7,89 (W-1). Mineralizacja roztworów porowych ze stanowiska W-7 (Zatoka Cieszkiniaki) w poszczególnych przedziałach głębokościowych wykazuje niewielkie zróżnicowanie (od 512 do 580 mg/dm<sup>3</sup>), a w roztworach ze stanowiska W-1 (Płosa Bryzglowskie) maleje z głębokością od 762,0 mg/dm<sup>3</sup> (w próbkach pobranych z przedziału głębokości 0–10 cm) do 479,0 mg/dm<sup>3</sup> (30–50 cm).

Zdecydowanie odmiennym składem chemicznym charakteryzują się roztwory porowe ze stanowiska dystroficznego W-3 – suchar (tab. 3). Są to wody wielojonowe o bardzo małej mineralizacji (od 49,5 do 69,1 mg/dm<sup>3</sup>), odczynie pH w granicach od 7,25 do 8,01. Typ hydrochemiczny roztworów z poszczególnych przedziałów głębokościowych jest zmienny, począwszy od HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca, poprzez HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca–Na i HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–K–Ca, do HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Na–Ca.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wody nadosadowe pobrane ze stanowisk litoralnych są słabo zasadowe i charakteryzują się zbliżonym typem hydrochemicznym (HCO<sub>3</sub>–Ca – W-5, HCO<sub>3</sub>–Ca–Mg – W-4 i W-6, HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca–Mg – W-2), nieznaczną zmiennością odczynu pH (od 7,31 – W-6, do 8,63 – W-2) oraz niewielką mineralizacją (270,6–334,0 mg/dm<sup>3</sup>, lokalnie 552 mg/dm<sup>3</sup>). Litologicznie osady ze stanowisk litoralnych są reprezentowane przez kredę jeziorną (W-2 i W-6) oraz gytie węglanową (W-4) i bezwęglanową (W-5). Roztwory porowe uzyskane ze stanowisk W-2 i W-6 odznaczają się ogólnie niską mineralizacją (nieprzekraczającą 712 mg/dm<sup>3</sup> – W-2 w przedziale głębokości 0–7 cm). Wyższą mineralizacją cechują się roztwory wydzielone z litoralnych osadów wysktałconych w postaci gytii węglanowych: ze stanowiska W-4 (1118,7 mg/dm<sup>3</sup> w przedziale głębokości 0–15 cm), oraz ze stanowiska W-5 w rejonie podlegającym silnej antropopresji (2031,7 mg/dm<sup>3</sup> w przedziale głębokości 15–30 cm).

Skład chemiczny wód nadosadowych pobranych ze stanowisk profundalnych (W-1 i W-7) jest zbliżony do składu wód ze stanowisk litoralnych: są to również wody słabo zasadowe, o podobnym typie hydrochemicznym (HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca oraz HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca–Mg), odczynie pH

w przedziale od 7,49 do 7,77 oraz niewielkiej mineralizacji (268,1–326,6 mg/dm<sup>3</sup>). Pod względem litologicznym osady profundalne reprezentują gytie węglanowe. Mineralizacja wód porowych jest na ogół niewielka i nie przekracza 762,0 mg/dm<sup>3</sup> (W-1 w strefie 0–10 cm).

W przypadku stanowiska dystroficznego (W-3) dopływ substancji humusowych, przy braku odpływu, powoduje naturalne zakwaszanie wód nadosadowych. Mają one odczyn kwaśny (pH = 5,35), bardzo niską mineralizację (28 mg/dm<sup>3</sup>) i typ hydrogeochemiczny SO<sub>4</sub>–Ca–Mg. Osady reprezentuje gytia bezwęglanowa. Mineralizacja roztworów porowych jest nieznacznie wyższa (69,1 mg/dm<sup>3</sup>) w porównaniu z wodami nadosadowymi, natomiast odczyn zmienia się na słabo zasadowy (pH od 7,25 do 8,01).

Najwyższą mineralizację zanotowano w roztworach porowych wydzielonych z gytii bezwęglanowych, z narażonego na stosunkowo największe zanieczyszczenie stanowiska płytkiego. Natomiast najniższą mineralizację mają roztwory porowe uzyskane z osadów zbiornika dystroficznego (W-3 – suchar), co wynika z bardzo niskiej mineralizacji występujących w tym zbiorniku wód nadosadowych.

Prace badawcze realizowano częściowo w ramach badań statutowych Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej (11.11.140.026) oraz Katedry Ochrony Środowiska (11.11.140.199) AGH w Krakowie. Realizacja badań była możliwa dzięki uprzejmości prof. J. Rutkowskiego, prof. J. Szczepańskiej-Plewy oraz p. L. Krzysztofiaka i pracowników Wigierskiego Parku Narodowego.

## LITERATURA

- ALEKSANDER-KWATERCZAK U. & PROSOWICZ D. 2007 – Distribution of Cd and Pb in the lake sediments cores from the Hańczańska Bay (Wigry Lake, NE Poland). *Limnological Review*, 7 (4): 215–219.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. 2009 – Water circulation in a lake at extreme water levels: Lake Wigry case study. *Limnological Review*, 9 (2/3): 63–72.
- JANCAK J. 1999 – Atlas jezior Polski. T. 3, IMGiW, Poznań: 240.
- KANIA J. 2002 – Wpływ likwidacji kopalni odkrywkowych siarki na zmiany stosunków wodnych w ich otoczeniu. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 403: 5–61.
- RUTKOWSKI J. 2004 – Osady jeziora Wigry. [W:] *Materiały z sesji: „15 lat Wigierskiego Parku Narodowego”*. Rocznik Augustowsko-Suwalski, T. 4, Augustowsko-Suwalskie Towarzystwo Naukowe.
- RUTKOWSKI J., PROSOWICZ D., ALEKSANDER-KWATERCZAK U. & KRZYSZTOFIAK L. 2009 – Osady jeziora Wigry. [W:] Rutkowski J. & Krzysztofiak L. (red.), *Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych*. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki: 83–109.
- RUTKOWSKI J., SZCZEPAŃSKA J., KRÓL K. & KRZYSZTOFIAK L. 2006 – Skład chemiczny wód porowych w osadach jezior Wigierskiego Parku Narodowego. *Prace Komisji Paleogeografii Czwartorzędu PAU*, Kraków, T. 4: 87–95.
- SZCZEPAŃSKA J. & KMIECIK E. 2005 – Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych. *Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH*, Kraków.
- ZDANOWSKI B. & HUTOROWICZ A. 1997 – Charakterystyka hydrochemiczna Czarnej Hańcy i wpływ tej rzeki na wody jezior Hańcza i Wigry. [W:] Krzysztofiak L. (red.), *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Stacja Bazowa Wigry*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.