

ZBIGNIEW ZIĘTKOWIAK
ALFRED KANIECKI, HELENA SZYMAŃSKA

WPŁYW ZMINERALIZOWANYCH WÓD KOPALNIANYCH NA CHEMIZM WÓD JEZIORA CZESZEWSKIEGO

ZARYS TREŚCI

W pracy przedstawiono wpływ wysoko zmineralizowanych, słonych wód dołowych, odprowadzanych z terenu dawnej kopalni soli w Wapnie, na właściwości wód Jeziora Czeszewskiego.

WSTĘP

Jezioro Czeszewskie poddane jest oddziaływaniu zasolonych wód dołowych, doprowadzanych do niego kanałem Wapno–Laskownica. Zasolone wody pochodzą z odwodnienia zatopionej 5.05.1977 roku kopalni soli w Wapnie.

Zatopienie kopalni zapoczątkowane zostało gwałtownym przepływem wód z czapy gipsowej w głąb eksploatawanego górotworu. Odpływ wód z czapy gipsowej, naruszając równowagę hydrodynamiczną między wysadem a otaczającymi go utworami wodonośnymi, groził zachwianiem stateczności całego górotworu. Aby temu zapobiec, przyspieszono tempo zatapiania kopalni, stosując tłoczenie do górotworu wód (około 3,16 mln m³) ujmowanych z Jeziora Czeszewskiego. Tłoczenie wody prowadzono do 30.06.1978 roku, do czasu osiągnięcia przez zwierciadło wody rzędnej 79,9 m n.p.m. W latach następnych, do czerwca 1984 roku, zwierciadło wody na terenie zniszczonej kopalni podnosiło się w sposób samoistny, osiągając maksymalnie rzędne 86,9–88,3 m n.p.m.

Po ustaleniu się warunków hydrodynamicznych w złożu podjęto pierwszą

próbę obniżenia zwierciadła wody na terenie byłej kopalni. W wyniku pompowania prowadzonego od 19.06. do 11.07.1984 roku obniżono zwierciadło wody z 84,88 do 79,03 m n.p.m. Wytworzony lej depresyjny, otwierający drogę do starej kopalni gipsu, w wyniku zaprzestania pompowania uległ zanikowi po 15 miesiącach, w październiku 1985 roku (SZYMAŃSKA 1993).

Kolejną próbę odwodnienia stropu czapy gipsowej podjęto dopiero 28.08.1987 roku. Jej wynikiem było obniżenie zwierciadła wody otwierające dostęp do złóż gipsu, umożliwiając tym samym uruchomienie zakładu produkcji gipsu. Odwodnienie to, z różnym natężeniem kontynuowane jest do chwili obecnej.

Próbie określenia wpływu wód kopalnianych na wody Jeziora Czeszewskiego podjęto na podstawie materiałów archiwalnych Kopalni Doświadczalno-Produkcyjnej i Zakładów Remontowych (KDPiZR) w Wapnie oraz wyników badań terenowych i laboratoryjnych, prowadzonych w ramach prac Zakładu Hydrologii i Gospodarki Wodnej Instytutu Geografii Fizycznej Uniwersytetu

im. Adama Mickiewicza. Wykorzystano także materiały zawarte w „Studium i badania aktualnego stanu wód Jezior: Rygielskiego, Czeszewskiego, Businowskiego Dużego wraz z wytycznymi do ich ochrony. Jezioro Czeszewskie” opracowanym przez Instytut Ochrony Środowiska Oddział Wrocław – Zakład Ochrony Środowiska w Zielonej Górze.

CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI JEZIORA CZESZEWSKIEGO

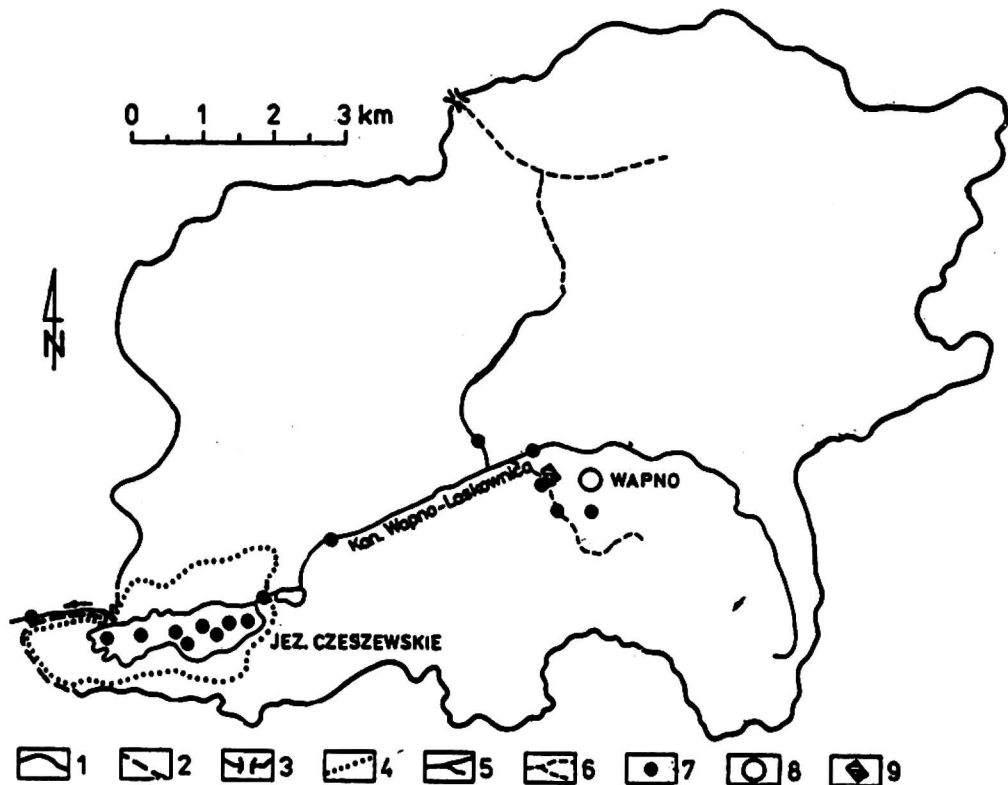
Zlewnia Jeziora Czeszewskiego, według podziału fizycznogeograficznego Polski J. Kondrackiego, znajduje się w makroregionie Pojezierze Wielkopolskie (315.5), w obrębie mezoregionu Pojezierze Gnieźnieńskie (315.54).

Obszar zlewni jest częścią wysoczyzny morenowej falistej, zbudowanej głównie z glin zwałowych, niekiedy silnie spiaszczonych. W morfologii terenu

dobrze zaznaczona jest rynna Jeziora Czeszewskiego, niewielkie wały moren spiętrzonych (fazy chodzieskiej) oraz dość liczne bezodpływowe zagłębienia typu wytopiskowego.

W podziale hydrograficznym Jezioro Czeszewskie należy do dorzecza Wełny, z którą połączone jest poprzez kanał Wapno–Laskownica i Strugę Gołaniecką. Średnie spływy jednostkowe w zlewni jeziora wynoszą około $2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (SZYBOWSKI, TONDER 1988). Wezbrania na ciekach są rzadkie, mają typ opadowy i występują najczęściej w okresie letnim.

Dział wodny, wyznaczający zlewnię całkowitą jeziora ($97,6 \text{ km}^2$), w zdecydowanej większości wyraźnie zaznacza się w rzeźbie terenu. Jedynie w zachodniej części zlewni, na terenie podmokłego obniżenia przylegającego do jeziora, dział wodny ma charakter niepewny. Zlewnia bezpośrednia jeziora stanowi tylko 3,3% zlewni całkowitej (rys. 1).



Rys. 1. Zlewnia Jeziora Czeszewskiego

1 – dział wodny, 2 – dział wodny niepewny, 3 – brama w dział wodnym, 4 – zlewnia bezpośrednia, 5 – ciekі stałe, 6 – ciekі okresowe, 7 – punkty poboru prób, 8 – kopalnia, 9 – osadnik

Fig. 1. The catchment area of Lake Czeszewskie

1 – water divide, 2 – uncertain water divide, 3 – gate in water divide, 4 – direct catchment area, 5 – perennial streams, 6 – intermittent streams, 7 – points of water extraction, 8 – mine, 9 – sedimentation tank

W bezpośrednim sąsiedztwie Jeziora Czeszewskiego, około 0,4 km na wschód od niego, znajduje się Jezioro Małe. Obydwa jeziora połączone są fragmentem kanału Wapno–Laskownica.

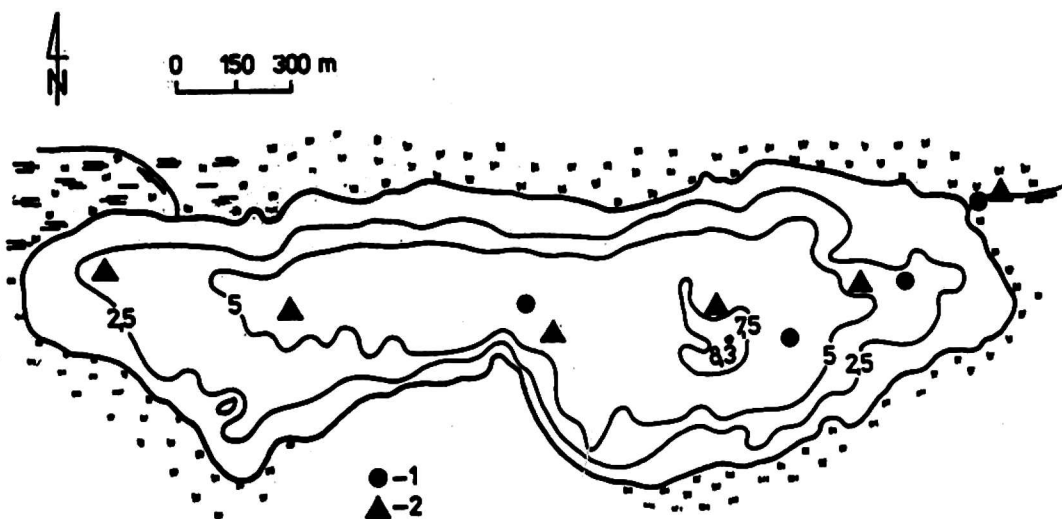
Struktura użytkowania gruntów w zlewni Jeziora Czeszewskiego jest bardzo niekorzystna z punktu widzenia jego ochrony przed dopływem zanieczyszczeń powierzchniowych – biogenicznych. Dopływowi zanieczyszczeń do wód powierzchniowych sprzyja przewaga gruntów ornych, zajmujących 76,0% powierzchni terenu oraz niewielki udział użytków zielonych 9,8% i lasów 9,1%, stanowiących naturalne bariery ochronne dla wód powierzchniowych (SZYBOWSKI, TONDER 1988).

OPIS JEZIORA

Jezioro Czeszewskie jest zbiornikiem rynnowym, powstałym w okresie zlodowacenia bałtyckiego. Obecnie zajmuje tylko niewielką część powierzchni pierwotnego zagłębienia, rozciągającego się wzdłuż osi wschód–zachód. Tempo zmniejszania się powierzchni misy pierwotnej, w wyniku wypełniania jej osadami, w ostatnim okresie uległo znacz-

nemu przyspieszeniu. Świadczy o tym zmniejszenie powierzchni zwierciadła wody ze 148,3 ha w 1961 roku (Instytut Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn), do 125 ha w 1989 roku (CHOIŃSKI 1991). Zarys powierzchni zwierciadła wody oraz ukształtowanie dna misy jeziornej przedstawia rysunek 2.

Jezioro Czeszewskie teoretycznie można zaliczyć do zbiorników stratyfikowanych (głębokość maksymalna 8 m i głębokość średnia – 3,7 m, typ dymiktyczny). Ze względu na ukierunkowanie osi jeziora zgodnie z kierunkiem przeważających wiatrów, a tym samym znaczną podatnością jego wód na mieszanie wiatrowe, w rzeczywistości jest ono zbiornikiem typu polimiktycznego (stawowego). Brak stratyfikacji wód jeziora lub jej bardzo małą trwałość potwierdzają prace SZYBOWSKIEGO, TONDERA (1989); ZIĘTKOWIAKA, CHOIŃSKIEGO (1991) oraz SZYMAŃSKIEJ (1993). Częste pełne wymieszanie wód jeziora powoduje, że misa jeziora w 100% ma dno czynne. Wpływa to na zwiększenie zdolności jeziora do samooczyszczania się wód, choć jednocześnie jest przyczyną utrudnień w deponowaniu materiału zawieszonego w wodzie. Duża intensywność wymiany wód, 170% w ciągu roku, obejmująca



Rys. 2. Plan batymetryczny Jeziora Czeszewskiego

Punkty poboru wody do analiz fizyczno-chemicznych: 1 – w 1991 roku, 2 – w 1992 roku

Fig. 2. A bathymetric plan of Lake Czeszewskie

Points of water extraction for physical and chemical analyses: 1 – in 1991, 2 – in 1992

całą masę wody w jeziorze, jest czynnikiem sprzyjającym ograniczeniu akumulacji związków biogenych (SZYBOWSKI, TONDER 1989).

W świetle „Instrukcji systemu oceny jakości jezior” (KUDELSKA i in. 1984) Jezioro Czeszewskie, ze względu na podatność na degradację należy do klasy III (SZYBOWSKI, TONDER 1989; ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991). W ocenie jakości wód zaliczane jest natomiast do klasy III (SZYBOWSKI, TONDER 1989) lub klasy II (ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991; SZYMAŃSKA 1993).

WODY KOPALNIANE

Przez cały okres eksploatacji kopalni soli w Wapnie wody pochodzące z jej odwodnienia odprowadzono za pośrednictwem kanału Wapno–Laskownica do Jeziora Czeszewskiego i dalej, przez Strugę Gołaniecką, do Wełny. W wodach tych znajdowały się głównie chlorki, których ilość oceniano na 2850 kgCl/d (SZYBOWSKI, TONDER 1989). Po katastrofie górniczej w 1977 roku zaprzestano pompowania wód dołowych. Przerwa w dopływie zasolonych wód kopalnianych do jeziora trwała, pomijając krótki okres od 19.06. do 11.07.1984 roku, do 20.08 1987 roku. Po terminie tym wody

kopalniane ponownie zaczęły zasilać, poprzez osadnik kopalniany, wody kanału i dalej Jeziora Czeszewskiego.

Początkowo duży pobór wody z szybu odwodnieniowego kopalni, w okresie od sierpnia 1987 r. do czerwca 1991 roku, ulegał ciągłemu zmniejszaniu (tab. 1).

Na stały spadek poboru wody miało wpływ znaczne zmniejszenie, po wilgotnych latach 1987–1988, zasilania wód podziemnych przez wody opadowe (ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991). Tendencja do spadku poboru wody utrzymywała się także w 1992 roku (SZYMAŃSKA 1993).

W odprowadzanych z terenu kopalni wodach oraz w wodach osadnika i kanału Wapno–Laskownica w Kujawkach oznaczano, w laboratorium należącym do kopalni, zawartości jonów Cl^- i SO_4^{2-} . Ich średnie stężenia na tle wartości ekstremalnych przedstawiono w tabeli 2.

W przebiegu średnich miesięcznych widoczna jest tendencja do obniżania zawartości oznaczanych jonów. Mniejszemu poborowi wody odpowiadało zmniejszenie intensywności przemysławania warstw wodonośnych, a tym samym i zmniejszenie wynoszenia chlorków oraz siarczanów. Ilustracją zauważonych zależności jest rysunek 3.

Tabela 1. Ilość wody pompowanej z kopalni w cyklu rocznym
Table 1. The amount of water pumped out of the mine in a yearly cycle

Okres poboru wody Period of water pumping out	Pobór całkowity Total amount pumped out [m ³]	Pobór średni miesięczny Mean monthly amount pumped out [m ³]
08–12.1987	147.172	29.434,4
1988	338.537	28.211,4
1989	158.615	13.217,9
1990	111.838	9.319,8
01–06.1991	47.416	7.902,7

Ekstremalne wartości poboru miesięcznego:
– max. 54.533 m³ (03.1988r.)
– min. 3.013 m³ (08.1989r.)
(wg ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991)

Extreme monthly amounts:
– maximum 54,533 m³ (March 1988)
– minimum 3,013 m³ (August 1989)
(based on ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991)

Na podstawie przedstawionych wyżej danych wyliczono średni miesięczny oraz całkowity ładunek jonów Cl^- i SO_4^{2-} wynoszonych w wodach kopalnianych w latach 1987–1991 (tab. 3).

Cały ładunek, wyniesionych z kopalni w latach 1987–1991, chlorków – 2969,4 t i siarczanów – 1363,3 t, niezależnie od okresowych wahań, dotarł poprzez osadnik do kanału Wapno–Las-

kownica. Stężenia wymienionych składników, w wodach kanału osiągające $1889 \text{ mg } Cl^-/\text{dm}^3$ i $731 \text{ mg } SO_4^{2-}/\text{dm}^3$, zmieniały się w zależności od proporcji ilościowych między płynącymi nim wodami naturalnymi a zrzucanymi do niego wodami kopalnianymi.

W ocenie jakościowej, wody pochodzące z odwodnienia kopalni są wodami pozaklasowymi. Przyczyną negatyw-

Tabela 2. Zmiany średnich miesięcznych zawartości jonów Cl^- i SO_4^{2-} w wodach kopalni, osadnika i kanału Wapno–Laskownica

Table 2. Variations in mean monthly concentrations of Cl^- and SO_4^{2-} ions in the waters of the mine, sedimentation tank and Wapno–Laskownica canal

Lata Years	Kopalnia Mine		Osadnik Settling tank		kanał W-L W-L canal	
	Cl^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}
	mg/dm ³					
1987	2694,4	1696,6	2271,6	1487,4	–	–
1988	4615,9	1714,4	4518,3	1704,3	310,0	253,0
1989	3380,1	1637,7	3873,6	1635,1	373,0	253,0
1990	3018,1	1624,4	3287,9	1588,7	310,0	263,0
1991	2376,2	1656,6	1930,5	1432,8	–	–
mx.ab.	8328,0	2237,0	6314,0	2293,0	1899,0	731,0
mn.ab.	1311,0	1314,0	204,0	306,0	58,0	62,0
20.08.1991	2920,0	1980,0	3302,0	1811,0	364,0	210,0
21.05.1992	2378,0	1956,6	2028,0	1779,3	575,0	486,2

wg – based on ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991, z uzupełnieniem SZYMAŃSKIEJ 1993

Tabela 3. Ładunki chlorków i siarczanów wynoszone przez wody pompowane z kopalni soli w Wapnie

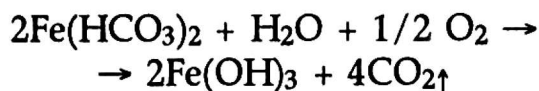
Table 3. Loads of chlorides and sulphates transported by water pumped out of the salt mine at Wapno

Okres poboru wody Period of water pumping	Pobór średni miesięczny Mean monthly amount pumped out [m ³]	Zawartość średnia Mean contents of		Wynoszone ładunki Loads of			
		Cl^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}
		mg/dm ³		ton/miesiąc tonnes/month		ton tonnes	
08–12.1987	29634,4	2694,0	1696,6	79,8	50,3	399,0	251,5
1988	28211,4	4615,9	1714,4	130,2	48,4	1562,4	580,2
1989	13217,9	3380,1	1637,7	44,7	21,6	536,4	259,2
1990	9913,0	3018,1	1624,4	29,9	16,1	358,8	193,2
01–06.1991	7902,7	2376,7	1656,6	18,8	13,1	112,8	78,6
08.1987–06.1991						2969,4	1636,3

(wg – based on ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991)

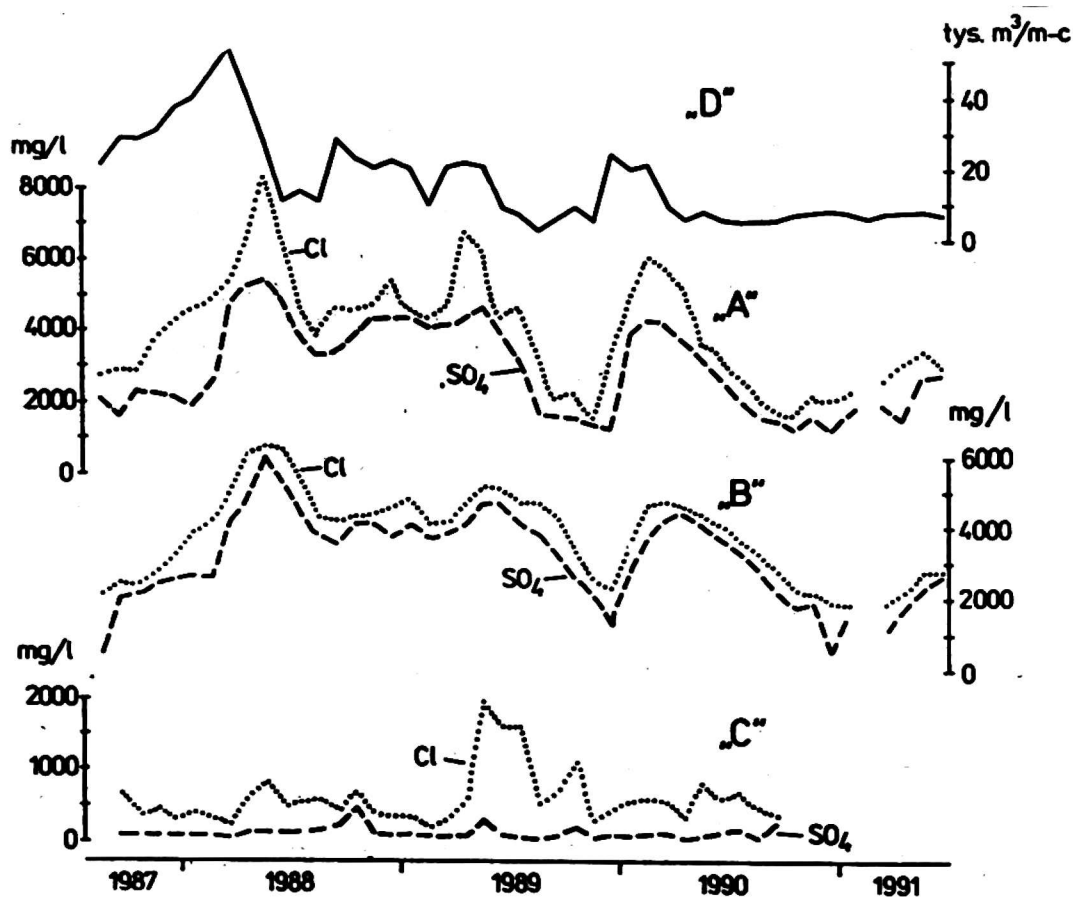
nej oceny jest ich bardzo wysoka twardość – 51 mvali/dm³ (144°n), wielokrotnie przekraczająca dopuszczalne stężenia zawartość chlorków – 2920 mg Cl/dm³ i siarczanów – 1898 mg SO₄/dm³. Bardzo wysoka twardość spowodowana jest wzmożoną w obecności jonów Cl⁻ i Na⁺ rozpuszczalnością gipsów. Dodatkowym niekorzystnym elementem jest bardzo wysoka zawartość żelaza, występującego w badanych wodach głównie w postaci żelaza dwuwartościowego – 17,72 mg Fe²⁺/dm³. Taka ilość żelaza w wodzie pozwala na jej zaliczenie do grupy wód żelazistych spotykanych w solankach. Żelazo w postaci Fe²⁺ utrzymuje się w wodzie kopalnianej w postaci rozpuszczonej dzięki obecności wolnego dwutlenku węgla i braku powietrza. Po wypływie wody na powierzchnię, przy

dostępie powietrza, dwuwęglan żelaza ulega hydrolizie według schematu



Wydzielające się z czasem z wody wodorotlenki żelazowe sedymentują w pobliskim osadniku, uszczelniając jego dno.

Osadnik kopalniany, pełniący dodatkowo funkcje odbiornika niekontrolowanego „dzikiego” zrzutu ścieków komunalnych, zawiera wody znacznie gorszej jakości od wód dołowych. Pogorszeniu podlegają wskaźniki dotyczące barwy – wzrost z 9,0 do 65 mg Pt/dm³, utlenialności nadmanganianowej – rosnącej z 11,4 do 31,8 mg O₂/dm³, zawartości fosforanów – od 0,07 do 1,73 mg PO₄³⁻/dm³ oraz skażenia bakteriologicznego – miano



Rys. 3. Zmiany zawartości chlorków i siarczanów zanotowane w wodach kopalnianych (A), wodach osadnika (B) i kanału Wapno–Laskownica w Kujawkach (C), na tle miesięcznych zmian poboru wody z kopalni (D), (wg ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991)

Fig. 3. Variations in the contents of chlorides and sulphates recorded in mine water (A), sedimentation-tank water (B) and the water of the Wapno–Laskownica canal at Kujawki (C), as correlated with monthly changes in mine water intake (D), (based on ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991)

Coli_{typu kałowego} = 0,043. Z drugiej strony obserwuje się zmniejszenie zasadowości i zawartości żelaza w wodzie, spowodowane wytrącaniem się węglanów wapnia i magnezu oraz żelaza w postaci Fe(OH)₃. Zawartość chlorków i siarczanów w warunkach istniejącego w ostatnich latach zmniejszenia dopływu słodkich wód opadowych wykazuje raczej tendencję do wzrostu niż do spadku ich koncentracji. Silnie zanieczyszczone, wysoko zmineralizowane wody (sucha pozostałość 8513 mg/dm³) odpływają z osadnika przez zastawkę, z różnym natężeniem, zależnym od intensywności pompowania wód kopalnianych, do kanału Wapno–Laskownica.

W kanale Wapno–Laskownica oraz we wpadającej do niego Strudze Stołężyńskiej w 1991 (ZIĘTKOWIAK, CHOŃSKI 1991) i 1992 roku (SZYMAŃSKA 1993), w czasie pomiarów wykonanych w okresach letnich, przy niskich przepływach, stwierdzono występowanie podwyższonych stężeń fosforanów – do 1,62 mg PO₄/dm³, okresowe pojawianie się niedoborów tlenu oraz silne skażenie bakteriologiczne wód – miano Coli_{typu fekalnego} = 0,004.

Wody wymienionych cieków wymieszane z wodami z osadnika, po przebyciu około 3 km, w miejscowości Kujawki, we wspomnianych sezonach badawczych były najczęściej wodami mieszczącymi się w III klasie czystości. Okresowo pojawiały się wody nie mieszczące się w objętych normą klasach czystości. Podwyższona była w nich twardość ogólna – od 11,8 do 20,2 mvala/dm³, wyższe od przeciętnych były także stężenia jonów chlorkowych – od 364 do 575 mg Cl/dm³, siarczanowych – od 210 do 486 mg SO₄/dm³ i sodowych – od 116 do 375 mg Na/dm³. Szczególnie wysokie stężenia wymienionych składników występowały po spowodowanym suszą letnim zaniku (od lipca do

września 1992 roku) przepływu wody w kanale Wapno–Laskownica. Wody o praktycznie takim samym składzie chemicznym, po przepłynięciu przez Jezioro Małe, wpadały poprzez kanał Wapno–Laskownica do Jeziora Czeszewskiego.

CHARAKTERYSTYKA WÓD JEZIORA CZESZEWSKIEGO

Właściwości fizyczno-chemiczne wód Jeziora Czeszewskiego określono na podstawie wyników badań zawartych w pracach: SZYBOWSKIEGO, TONDERA (1989); ZIĘTKOWIAKA, CHOŃSKIEGO (1991) oraz SZYMAŃSKIEJ (1993).

Na podstawie badań temperatury oraz zawartości tlenu w wodzie, w wybranych profilach pionowych, stwierdzono, że wypełniające misę jeziorną wody podlegają w całości ciągłemu mieszaniu. W pełni sezonów letnich maksymalne różnice temperatury między warstwami powierzchniową i denną nie przekraczały 5,5°C. Zdarzały się także sytuacje, w których różnica temperatur nie przekraczała 0,2°C. W intensywnie mieszanych wodach tlen występował na ogół w znacznych ilościach – mieszcząc się najczęściej w przedziale od 8 do 12 mg O₂/dm³. W warstwach przydennych ilość tlenu z reguły była niewiele niższa niż w warstwach powierzchniowych. Pojawiające się sporadycznie zaczątki deficytów tlenowych były szybko likwidowane w wyniku wiatrowego mieszania wód. Ze względu na istniejące warunki tlenowe Jezioro Czeszewskie można zaliczyć do klasy I.

Przezroczystość wód jeziornych określana za pomocą krążka Secchiego mieściła się w czasie badań w przedziale od 0,9 do 2,0 m. Niższe wartości przezroczystości występowały najczęściej we wschodniej części jeziora, w pobliżu ujściowego odcinka kanału Wapno–Las-

kownica. W latach wcześniejszych przezroczystość wód jeziora mieściła się w granicach od 2,0 do 2,75 m w sezonie wegetacyjnym i 3,1 m w okresie zimowym (Instytut Rybactwa Śródlądowego – Olsztyn 1970).

Przy ocenie właściwości chemicznych wód jeziora szczególną uwagę zwrócono na twardość ogólną, zawartość wapnia, sodu, potasu, chlorków i siarczanów, a więc wskaźników, które określać powinny stopień oddziaływania zmineralizowanych wód kopalnianych na wody jeziora.

Wszystkie wymienione wyżej wskaźniki w wodach jeziora występowały w stężeniach znacznie wyższych od notowanych przeciętnie. Twardość ogólna, wynosząca od 8 do 18 mvali/dm³ i umieszczająca badane wody w grupie wód twardych lub bardzo twardych, była dwu-, trzykrotnie wyższa od najczęściej spotykanej w innych jeziorach. Znacznie wyższe od przeciętnych były także stężenia jonów wapnia – do 180 mg Ca/dm³, sodu – do 138 mg Na/dm³ i potasu – do 10,5 mg K/dm³. Przekroczenia wartości najczęściej spotykanych w jeziorach tego typu, w przypadku sodu wynosiły około 25–50%, a w przypadku potasu 100–150%. Ostatnie dwa wskaźniki, przedstawiające zawartość chlorków (200–250 mg Cl/dm³) i siarczanów (200–270 mg SO₄/dm³) były 3–4 razy większe od najczęściej spotykanych. Rozkład stężeń wymienionych składników był w całej misie jeziornej dość wyrównany. Minimalnie wyższe wartości pojawiające się niekiedy w pobliżu ujścia kanału Wapno–Laskownica były szybko niwelowane w wyniku wiatrowego mieszania wód.

Obok wskaźników, których wielkość uzależniona jest od dopływu wód z kopalni, w ocenie wód jeziora podstawowe znaczenie mają stężenia zawartych w nich substancji biogennych – fosforanów i azotanów. Azotany i fosforany

spływające do jeziora kanałem Wapno–Laskownica pochodzą przede wszystkim z zanieczyszczeń punktowych (wsie) i powierzchniowych (spływy z pól uprawnych). W ocenie SZYBOWSKIEGO i TONDERA (1989) całkowity ładunek fosforanów (około 5500 kgP_{og.}/rok) wnoszonych do jeziora jest ponad dwudziestokrotnie wyższy od tego, jaki w tym jeziorze może być tolerowany. Wpływ tak dużego ładunku fosforanów na tempo eutrofizacji wód jeziora, przy wymianie wód osiągającej 170%/rok, jest jednak wyraźnie ograniczony.

W wodach jeziora w kolejnych sezonach badawczych (ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991 i SZYMAŃSKA 1993) stężenia azotanów, jak i fosforanów wykazywały minimalną, ale widoczną zmienność przestrzenną i pionową. Przestrzenna zmienność zawartości azotanów była przy tym uzależniona od formy ich występowania. Zawartość azotu amonowego w warstwie powierzchniowej i warstwach przydennych spadała od 0,15 mg NH₄/dm³ przy wlocie kanału do 0,0 mg NH₄/dm³ w centralnej i zachodniej części jeziora. Zawartość azotu azotanowego w całej misie jeziornej praktycznie nie ulegała żadnym zmianom, a jego stężenie wynosiło od 0,02 do maksymalnie 0,06 mg NO₃/dm³. Znacznie większą zmiennością charakteryzowały się stężenia fosforanów. Przed ujściem do jeziora w wodach kanału Wapno–Laskownica fosforany występowały w ilości 0,45 mg PO₄/dm³ przy zawartości fosforu ogólnego wynoszącej 0,94 mg PO₄/dm³. W samym jeziorze zawartość fosforanów mieściła się w granicach od 0,0 do 0,07 mg PO₄/dm³, a zawartość fosforu ogólnego od 0,45 mg PO₄/dm³ przy wlocie kanału do 0,26 mg PO₄/dm³ w przeciwległej części jeziora. Na wypiływie z jeziora stężenia obydwóch wskaźników we wszystkich oznaczanych formach były zdecydowanie niższe niż na dopływie.

W ocenie jakości wód, opartej na wartościach wspomnianych wyżej wskaźników diagnostycznych (KUDELSKA i in. 1984), Jezioro Czeszewskie należało w latach 1991 i 1992 do jezior klasy II (ZIĘTKOWIAK, CHOIŃSKI 1991; SZYMAŃSKA 1993). Natomiast we wcześniejszej ocenie (SZYBOWSKI, TONDER 1989) zaliczane było do jezior o III klasie czystości wód. W wynikach prowadzonych w różnych latach badań powtarzały się dane dotyczące wysokiego przewodnictwa właściwego wód $\sim 500 \mu\text{S}$, ich znacznej twardości ogólnej oraz podwyższonych stężeń chlorków i siarczanów. Z drugiej strony stwierdzono niezbyt wysokie, w stosunku do istniejących zagrożeń, stężenia azotanów i fosforanów. Minimalne były także stężenia chlorofilu od 3,7, do 5,9 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ w 1991 roku.

Podwyższenie wartości wskaźników (mieszczących się jednak w normach) wpływających na mineralizację ogólną (Cl, SO_4 , Na) w istniejących warunkach nie może być uznane za szkodliwe dla środowiska. W minionych latach nie zaobserwowano bowiem zmian w składzie gatunkowym roślin wynurzonych i podwodnych. Zmniejszenie zasięgu niektórych z nich bardziej związane było z wprowadzeniem do jeziora intensywnie żerującej tołpygi pstrej, niż z wolno postępującym, w tym czasie, zwiększaniem się mineralizacji wód. Trzykrotnie wyższy niż oczekiwano wzrost produkcji ryb, po wprowadzeniu tołpygi do wód Jeziora Czeszewskiego, w ocenie rybaków wiązany jest z większym niż przeciętne zasoleniem jego wód.

WNIOSKI

1. Kopalnia soli w Wapnie do chwili katastrofy górniczej w 1977 roku, odprowadzała, za pośrednictwem kanału Wapno–Laskownica, zasolone wody dołowe, pochodzące z odwodnienia wyro-

bisk. Po przerwie spowodowanej katastrofą górniczą pompowanie wysoko zmineralizowanych, zasolonych wód dołowych, zostało wznowione na stałe w 1987 roku. Wody pompowane z różnym natężeniem, zależnym od warunków panujących w złożu, charakteryzują się bardzo wysoką twardością – do 51 mvali/ dm^3 , zawierają duże ilości chlorków – 2920 mg Cl/ dm^3 , siarczanów – 1898 mg SO_4 / dm^3 , sodu – 1800 mg Na/ dm^3 , wapnia – 900 mg Ca/ dm^3 i żelaza – 17,72 mg Fe^{2+} / dm^3 . Wody zawierające wymienione związki w całości trafiają do kanału Wapno–Laskownica i dalej, po przebyciu około 5 km, do Jeziora Czeszewskiego.

2. Jezioro Czeszewskie, w ocenie jakości jezior opracowanej na podstawie wskaźników morfometryczno-hydrograficzno-zlewniowych, zaliczane jest do III (najniższej) kategorii podatności na degradację, co oznacza, że potencjalnie jest ono mało odporne na zanieczyszczenia.

Cechą charakterystyczną misy jeziornej jest jej wydłużony kształt, łagodnie nachylone dno i brak wyraźnie zaznaczonych głębozczków.

Usytuowanie dłuższej osi jeziora zgodnie z kierunkiem przeważających wiatrów (W-E) sprawia, że wody jeziora w całej misie podlegają intensywnemu mieszaniu wiatrowemu. Wynikiem mieszania jest wyrównanie temperatur oraz dobre natlenienie całej masy wód.

Ze względu na niewielką dostępność brzegów (roślinność wynurzona zajmuje 96,2% długości linii brzegowej) jezioro wykorzystywane jest przede wszystkim jako obiekt gospodarki rybackiej (Zakład Rybacki Wągrowiec). Korzystanie z wód jeziora w celach rekreacyjno-turystycznych (wędkowanie, żeglarsstwo) jest ograniczone do minimum.

3. Jezioro wykorzystywane jest jako odbiornik wnoszonych do niego, kanałem Wapno–Laskownica, zanieczyszczeń z terenu zlewni oraz z kopalni soli w Wapnie.

Zanieczyszczenia pochodzące z terenu zlewni, punktowe i przestrzenne, wpływają na zwiększenie trofii wód jeziora (azot i fosfor). Mają także pewien wpływ na pogorszenie takich wskaźników, jak BZT₅ czy utlenialność.

4. Dopływ zasolonych wód z kopalni soli w Wapnie powoduje, że wody Jeziora Czeszewskiego są wodami mającymi właściwości odbiegające od najczęściej spotykanych w jeziorach tego samego typu. Pod wpływem wód kopalnianych znacznie zwiększyła się ich twardość, wzrosły stężenia chlorków, siarczanów, sodu i wapnia. Właściwości fizyczno-chemiczne wód w obrębie misy jeziornej są wyraźnie wyrównane. Krótkotrwałe podwyższenia wartości niektórych wskaźników, spotykane w pobliżu ujścia kanału Wapno–Laskownica, są szybko niwelowane przez obejmujące całą misę mieszanie się wód.

Składniki wnoszone z kopalni do jeziora (Cl, SO₄, Na, Ca) są przyczyną wzrostu ich stężeń do wartości ponadprzeciętnych, mieszczących się jednak w granicach norm określanych dla wód powierzchniowych.

5. W celu ochrony jeziora przed degradacją przez związki zawarte w wodach kopalnianych konieczne jest takie regulowanie ich dopływu do kanału Wapno–Laskownica, które zapewniłoby zachowanie między nimi proporcji nie niższych niż 1:3. Przy podanych proporcjach ilościowych niemożliwy byłby wzrost stężeń chlorków do spotykanych w minionych latach, w kanale Wapno–Laskownica w Kujawkach, wartości sięgających 2 g/dm³, a więc do stężeń, któ-

re są toksyczne dla niższych organizmów słodkowodnych.

6. Regulacja ilościowa dopływu wód kopalnianych do kanału Wapno–Laskownica i dalej do Jeziora Czeszewskiego, połączona z uporządkowaniem gospodarki wodno-ściekowej w całej zlewni może być podstawą do utrzymania II klasy czystości wód w jeziorze.

LITERATURA

- CHOIŃSKI A., 1992: Katalog jezior Polski. Część trzecia: Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie. Fundacja „Warta” Poznań.
- KUDELSKA D., CYDZIK D., SOSZKA H., 1984: Instrukcja systemu oceny jakości jezior. Instytut Kształtowania Środowiska. Warszawa.
- SZYBOWSKI J., TONDER J., 1988: Studium i badania aktualnego stanu wód Jezior: Rygielskie, Czeszewskie, Businowskie Duże wraz z wytycznymi ich ochrony. Jezioro Czeszewskie. Instytut Ochrony Środowiska, Oddział Wrocław. Zakład Ochrony Środowiska w Zielonej Górze (maszynopis).
- SZYMAŃSKA H., 1993: Wpływ eksploatacji soli na chemizm wód powierzchniowych okolic Wapna. Praca magisterska, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej Instytutu Geografii Fizycznej UAM. Poznań (maszynopis pracy magisterskiej).
- ZIĘTKOWIAK Z., CHOIŃSKI A., 1991: Ocena możliwości odprowadzania zmineralizowanych wód kopalnianych do Jeziora Czeszewskiego (opracowanie wstępne). Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej Instytutu Geografii Fizycznej UAM. Poznań. (Opracowano na zlecenie „Kopalni Doświadczalno-Produkcyjnej i Zakładów Remontowych w Wapnie” – maszynopis).

*Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej
Instytutu Geografii Fizycznej
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu*

THE IMPACT OF MINERALIZED MINE WATER ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF LAKE CZESZEWSKIE WATER

Summary

Czeszewskie Lake is a body of water which receives waste coming from the former salt mine at Wapno 5 km away.

Mine waste waters that are pumped out the drainage shaft are very hard – 51 mval/dm³. They contain large amounts of chlorides (2920 mg

Cl^-/dm^3), sulphates ($1898 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$), sodium ($1800 \text{ mg Na}^+/\text{dm}^3$), calcium ($900 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{dm}^3$) and iron ($17,72 \text{ mg Fe}^{2+}/\text{dm}^3$). According to the available data, in the years 1987–1991, there were 2964,4 tonnes of chlorides and 1626,3 tonnes of sulphates pumped out onto the surface in the waste water. The whole load of compound contained in the mine waste waters reached Lake Czeszewskie via the Wapno–Laskownica canal.

The waters of Lake Czeszewskie have lost their natural character under the influence of mine waste waters. Their hardness is in considerable excess of the average of up to $18 \text{ mvali}/\text{dm}^3$, and their sodium and potassium concentrations increased by 25 to 50% and 100 to 150%, respectively. The concentrations of chlorides and sulphates exceed the average 3 to 4 times. Despite these figures, the components of mine water have not brought about a change in the

class of purity of the lake waters. The increased water salinity has also been found to have no influence whatsoever on the species composition of lake's vegetation cover. The intensive exchange of lake waters, estimated at 170% per year, does not allow the concentrations of chlorides to exceed $250 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$, sulphates $270 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, or sodium $130 \text{ mg Na}^+/\text{dm}^3$. The fast rate of lake-water exchange also prevents the accumulation of phosphates and nitrates.

On the whole, Lake Czeszewskie has preserved its 2nd class of water purity over the last few years, in spite of its natural high susceptibility to pollution independent of the discharges of waste it receives.

*Section of Hydrology and Water Management
Institute of Physical Geography
Adam Mickiewicz University
Poznań*