

KSZTAŁTOWANIE SIĘ CZYNNIKÓW FIZYCZNYCH I CHEMICZNYCH WODY I OSADÓW DENNYCH W ZBIORNIKACH ZAPADLISKOWYCH NA POLESIU LUBELSKIM

S. Radwan, M. Misztal, B. Stępień, W. Bojar

Katedra Hydrobiologii i Ichtiobiologii, Akademia Rolnicza
ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin, Polska

S t r e s z c z e n i e. Zbiorniki antropogeniczne Nadrybie i Szczecin powstały w latach dziewięćdziesiątych w wyniku osiadania terenów leżących nad pokładami węgla eksploatowanymi przez kopalnię Bogdanka. Powierzchnia zbiornika Nadrybie wynosi około 40 ha, a zbiornika Szczecin 100 ha. Maksymalna głębokość obydwu zbiorników nie przekracza 1,5 m. Zbiorniki zasilane są wodami podskórnymi, opadowymi oraz spływającymi z pól uprawnych. W wodach zbiorników oznaczano: odczyn, zawiesinę, przewodnictwo elektrolityczne, zasolenie, całkowitą ilość rozpuszczonych soli, natlenienie, chemiczne (ChZT) i biochemiczne (BZT) zapotrzebowanie tlenu, węgiel organiczny (TOC), i zawartość związków biogennych: N-NO₃, N-NH₄, PO₄. W wodzie i osadach dennych oznaczono zawartość Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd.

S ł o w a k l u c z o w e: zbiorniki zapadliskowe, chemia, woda, osad denny

WSTĘP

Zbiorniki antropogeniczne "Szczecin" i "Nadrybie" położone są na terenie Pojezierza Łęczyńsko Włodawskiego. Powstały w latach dziewięćdziesiątych na obszarze leżącym bezpośrednio nad eksploatowanymi pokładami węgla kamiennego Kopalni Bogdanka. Teren ten, dawniej wykorzystywany rolniczo, obniżył się na skutek działalności kopalni, a zapadliska wypełniły się płytkimi wodami podziemnymi, wodami pochodzącymi ze spływów powierzchniowych oraz opadów. Powstałe w ten sposób zbiorniki mają zmienną powierzchnię, przede wszystkim ze względu na sposób zasilania. Powierzchnia zbiornika Nadrybie wynosi ok. 40 ha, a zbiornika Szczecin od 70 do 100 ha. Głębokość ich nie przekracza 1,5 m. W otoczeniu zbiorników wysypano znaczne ilości skały płonej z kopalni Bogdanka.

Celem pracy była analiza składu chemicznego wody i osadów dennych zbiorników zapadliskowych powstałych na skutek oddziaływania kopalni na środowisko naturalne.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Zbiorniki antropogeniczne Nadrybie i Szczecin badane były w miesiącach maju i wrześniu w latach 2000-2001. Próby do analiz pobierano w każdym zbiorniku z dwóch stanowisk: w litoralu wśród makrofitów wynurzonych oraz w strefie otwartej wody (Rys. 1). W terenie oznaczano przy pomocy sondy Hydrolab następujące czynniki fizyczne i chemiczne wody: odczyn, przewodnictwo elektrolityczne, całkowitą ilość rozpuszczonych soli i natlenienie. Chemiczne (ChZT) i biochemiczne (BZT) zapotrzebowanie tlenu oraz węgiel organiczny (TOC) oznaczane były metodą spektrofotometryczną przy użyciu analizatora PASTEL UV. Zawartość zawiesiny ogólnej oznaczano w laboratorium metodą wagową, a związki biogenne: $N-NO_3$, $N-NH_4$, PO_4 , standardowymi metodami kolorymetrycznymi [2]. Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd oznaczano zarówno w wodzie jak i osadach dennych – po ich mineralizacji w $HNO_3+H_2O_2$ – metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (ASA) [8].



Rys. 1. Teren badań

Fig. 1. Study area

WYNIKI

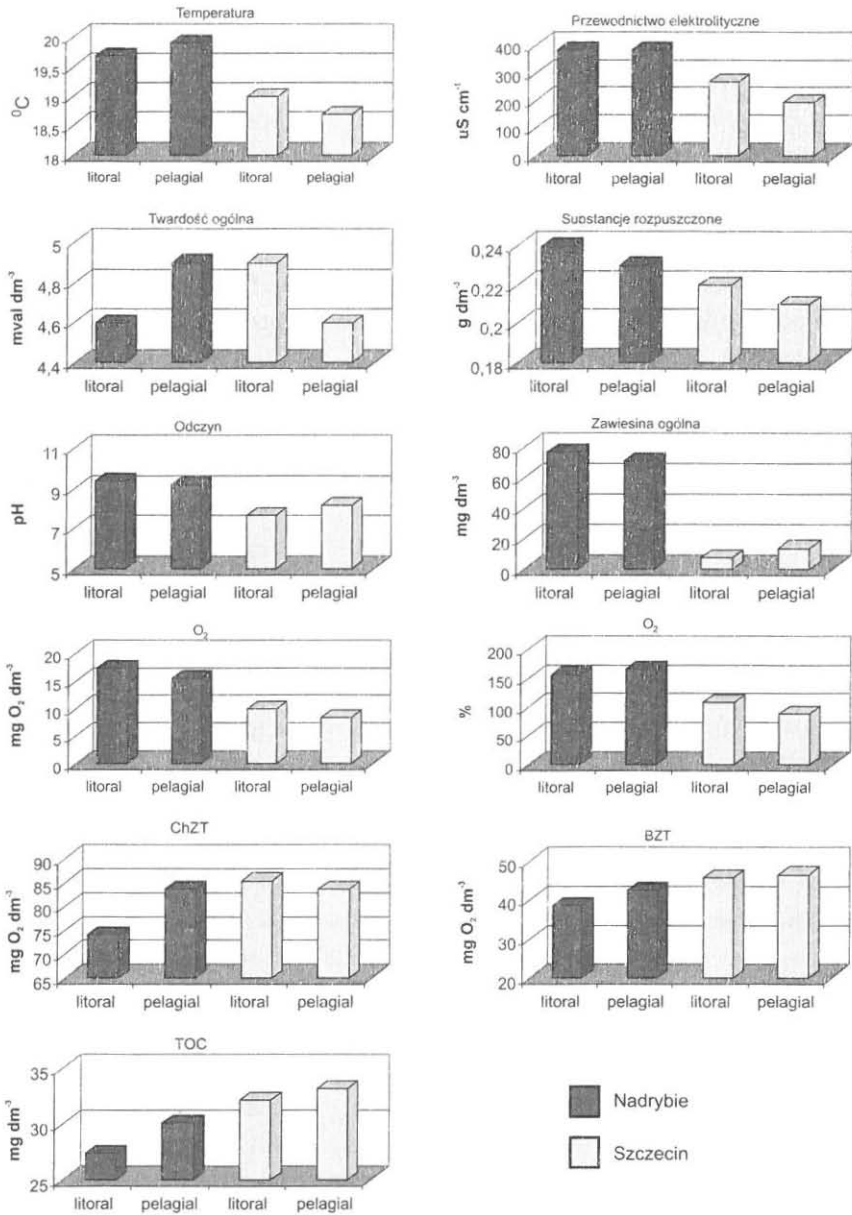
Woda

Mineralizacja wód wyrażona przewodnictwem elektrolitycznym, ilością rozpuszczonych soli i twardością ogólną, była zbliżona w obydwu zbiornikach (Rys. 2). Przewodnictwo elektrolityczne wody było w okresie badań dość niskie. W zbiorniku Nadrybie osiągało wartości od 340 do 415 $\mu\text{S cm}^{-1}$, a w zbiorniku Szczecin od 248 do 412 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Całkowita ilość rozpuszczonych soli wynosiła w tych zbiornikach odpowiednio 216-265 mg dm^{-3} i 212-230 mg dm^{-3} , przy czym nieco wyższe wartości notowano wiosną. Twardość wody utrzymywała się w granicach od 3,4 do 6,0 mval dm^{-3} w Nadrybiu i od 3,2 do 6,1 mval dm^{-3} w Szczecinie.

Znacznie bardziej różniły się badane wody poziomem zawiesiny ogólnej, odczynem i natlenieniem (Rys. 2). W Nadrybiu występowały silne zakwity glonów nitkowatych, co miało znaczny wpływ na pozostałe czynniki: ilość zawiesiny w wodzie zmieniała się od 23,0 aż do 131 mg dm^{-3} , odczyn był silnie alkaliczny, w granicach od 8,30 do 10,20 pH, a natlenienie wahało się od 9,7 mg dm^{-3} (93% O_2) aż do 16,1 mg dm^{-3} , co odpowiadało 176% nasycenia. Natomiast w zbiorniku Szczecin zakwity były mniej widoczne. Na powierzchni zbiornika utrzymywały się rośliny pleustonowe (rzęsa i spirodella). Odczyn wody kształtował się na poziomie 7,24-9,80 pH, ilość zawiesiny zmieniała się od 1,4 do 33 mg dm^{-3} . Natlenienie było zmienne: najniższe wystąpiło we wrześniu 2001 i wynosiło 5,3 i 7,1 mg dm^{-3} , a najwyższe wiosną 2001 roku, kiedy ilość tlenu w wodzie wynosiła 12,5 i 13,9 mg dm^{-3} , a nasycenie osiągało wartości 135 i 148%.

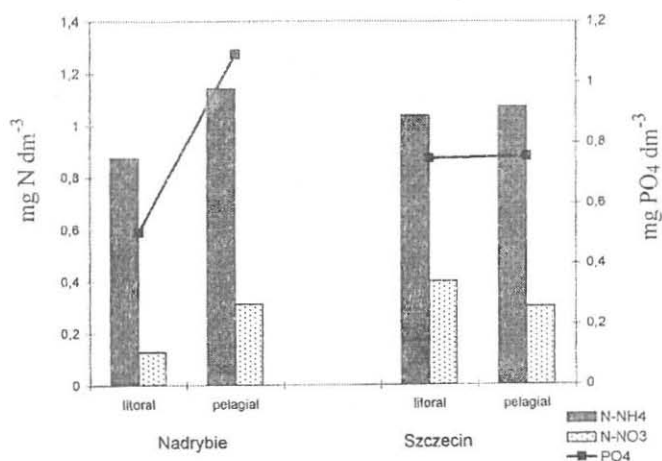
Stężenia związków biogennych były dosyć wysokie, zwykle wyższe na początku sezonu wegetacyjnego (Rys. 3). W Nadrybiu stężenie azotanów wahały się od ~0,1 do 0,5 mg N dm^{-3} , azotu amonowego od 3,2 mg N dm^{-3} na wiosnę do ~0,4-0,9 mg N dm^{-3} we wrześniu, a fosforanów od 0,9-1,95 $\text{mg PO}_4 \text{ dm}^{-3}$ wiosną do ~0,15 $\text{mg PO}_4 \text{ dm}^{-3}$ w końcu sezonu wegetacyjnego. W zbiorniku Szczecin poziom związków biogennych był również wysoki, szczególnie azotu amonowego, którego stężenia utrzymywały się w granicach 0,5-1,83 mg N dm^{-3} i fosforanów, zmieniających się od 1,2 $\text{mg PO}_4 \text{ dm}^{-3}$ wiosną do 0,4 $\text{mg PO}_4 \text{ dm}^{-3}$ we wrześniu.

Średnia zawartość podstawowych pierwiastków: Ca, Mg, Na i K w wodzie była w obydwu zbiornikach podobna (Tabela 1). Odmienne kształtowało się ich przestrzenne rozmieszczenie w zbiornikach: w Nadrybiu wyższe stężenia notowano w strefie otwartej wody, a w Szczecinie w litoralu. Zawartość pozostałych pierwiastków: Fe, Mn, Cu, Pb i Cd w wodach była proporcjonalna do ich udziału



Rys. 2. Czynniki fizyczne i chemiczne wód litoral i pelagialu zbiorników zapadliskowych Nadrybie i Szczecin

Fig. 2. Physical and chemical features of water in the littoral and pelagial of the depression reservoirs Szczecin and Nadrybie



Rys. 3. Stężenie związków biogennych w wodach zapadliskowych zbiorników Nadrybie i Szczecin
 Fig. 3. Concentration of biogenic compounds in the depression reservoirs Nadrybie and Szczecin

w osadach dennych. Badania nie wykazały istotnych różnic w ich przestrzennym rozmieszczeniu w zbiornikach, jedynie cynk występował w wyższych stężeniach w wodach litoralnych.

Osady denne

W osadach dennych obydwu zbiorników wysokie udziały miały trzy spośród badanych pierwiastków: wapń, żelazo i magnez (Tabela 1). Średnia zawartość Ca w osadach Nadrybia wahała się od ~36000 do ~40000 mg kg⁻¹ s.m., a w zbiorniku Szczecin była znacznie niższa, od ~7500 do ~21000 mg kg⁻¹ s.m.. Podobnie zawartość Mg była znacznie wyższa w osadach zbiornika Nadrybie, gdzie w litoralach wynosiła średnio ~1050 mg kg⁻¹ s.m., a w strefie otwartej wody aż 6200 mg kg⁻¹ s.m., natomiast w Szczecinie tylko ~950 mg kg⁻¹ s.m.. Żelazo występowało w wyższych stężeniach w osadach dennych zbiornika Szczecin, średnio ~11300 mg kg⁻¹ s.m., gdy w Nadrybiu jego średni udział wynosił ~7600 mg kg⁻¹ s.m.. Udział Na, K, i Mn w osadach zbiornika Nadrybie był zbliżony i wyrównany na poziomie ~300 mg kg⁻¹ s.m. w obydwu strefach zbiornika, natomiast w Szczecinie ich udział w osadach był niższy i bardziej zróżnicowany.

Szereg stężeń metali ciężkich w osadach dennych badanych zbiorników kształtował się odmiennie: w Nadrybiu Zn>Pb>Cu>Cd, natomiast w Szczecinie Pb>Zn>Cu>Cd.

Tabela 1. Udział wybranych pierwiastków w wodach i osadach dennych badanych zbiorników antropogenicznych (wartości średnie)

Table 1. Average concentration of chosen parameters of water and bottom sediments in the depression reservoirs Szczecin and Nadrybie

Zbiornik	Nadrybie				Szczecin			
	Litoral		Pelegial		Litoral		Pelegial	
Stanowisko								
Pierwiastek	Woda $\mu\text{g dm}^{-3}$	Osad mg kg^{-1}	Woda $\mu\text{g dm}^{-3}$	Osad mg kg^{-1}	Woda $\mu\text{g dm}^{-3}$	Osad mg kg^{-1}	Woda $\mu\text{g dm}^{-3}$	Osad mg kg^{-1}
Wapń	50740	40064	59000	35956	62300	7489	55580	20890
Magnez	10270	1047	10470	6224	9020	946	11320	957
Sód	16170	332	17040	363	21000	78	17960	178
Potas	6710	379	6868	519	12700	349	10010	260
Żelazo	1761	5417	1819	101181	2226	7900	2524	14784
Mangan	246	320	281,8	324	183	131	165,8	263
Miedź	5,25	6,5	6,5	6,2	12,3	11,4	15,57	4,8
Cynk	251	38,6	53,25	45,2	95,5	19,7	8,7	29,8
Ołów	5,4	22,4	4	26,1	4,1	26	3,5	42,3
Kadm	0,58	0,8	0,48	1,6	0,48	0,9	0,83	0,7

WNIOSKI

Wody zbiornika Nadrybie charakteryzowały wyższe wartości pH, zawiesiny ogólnej oraz natlenienia. Przyczyniały się do tego silne zakwity glonów, powodujące przesylenie wody tlenem i alkalizowanie środowiska. Wody tego zbiornika były także nieco wyżej zmineralizowane niż wody Szczecina, jednak czynnik ten był w obydwu zbiornikach wielokrotnie niższy aniżeli w zbiornikach pokopalnianych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [3-5].

Poziom związków biogenych: azotu azotanowego i azotu amonowego oraz fosforanów w wodach obydwu zbiorników był wysoki, zwłaszcza na początku sezonu wegetacyjnego.

Zawartość badanych pierwiastków: Ca, Mg, Na, K, Mn, Zn, Pb, Cu i Cd (Tabela 1) w wodach i osadach dennych była w znacznej mierze podobna w obydwu zbiornikach. Jedynie żelazo występowało w wodzie i osadach dennych zbiornika Szczecin w znacznie wyższych stężeniach niż w Nadrybiu. Woda w zbiorniku Szczecin ma barwę jasnobrunatną, spowodowaną prawdopodobnie połączeniami żelazisto-humusowymi, na co wskazuje wysoka wartość ChZT, TOC i Fe. Barwa wody ogranicza dostęp światła, co modyfikuje produkcję pierwotną w tym zbiorniku: rozwijają się rośliny pleustonowe (spirodela wielokorzeniowa, rzęsa

trójrowkowa) oraz miejscami elodeidy (rogatek sztywny), natomiast zakwity glonów są znacznie mniej intensywne i rzadsze niż w Nadrybiu.

Udział metali ciężkich w wodach obydwu badanych zbiorników był znacznie niższy aniżeli w zbiornikach o podobnej genezie powstałych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [1], [7].

Przedstawiona charakterystyka fizyczna i chemiczna wód zbiorników zapadliskowych, powstałych na obszarze Polesia Lubelskiego wskazuje, iż mogą one mieć duże znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej stanowiąc refugia dla rzadkich i ginących gatunków wodnej flory i fauny.

PIŚMIENNICTWO

1. **Domurand A., Kostecki M.:** Metale ciężkie w splywach powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej oraz w wodzie zbiornika Nakło-Chechło. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 2, 81-95, 2001.
2. **Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziarowski B.:** Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady, Warszawa, 846 ss, 1976.
3. **Jankowski A.T.:** Z badań nad antropogenicznymi zbiornikami wodnymi na obszarze Górnośląskim. W: *Wybrane Zagadnienia Geograficzne. Pamięci geografów Uniwersytetu Śląskiego: Józefa Szaflarskiego i Piotra Modrzejewskiego*. WNoZ UŚ PTG Oddział w Katowicach, 12-18, 1995.
4. **Kostecki M.:** Jakość wody w niewielkich zbiornikach pochodzenia przemysłowego na terenie GOP. *Gospodarka Wodna*, 10, 381-384, 1974.
5. **Molenda T.:** Charakterystyka hydrograficzna i hydrochemiczna projektowanego użytku ekologicznego "Stawy Janina-Barbara". W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. WBiOŚ, WNoZ UŚ, Katowice-Sosnowiec, 26-41, 1998.
6. **Porzycki J.:** Obecny stan rozpoznania LZW i perspektywy dalszych poszukiwań węgla kamiennych. *Przeł. Geol.*, 26/9, 13-26, 1978.
7. **Samecka-Cymerman A., Kampers A.J.:** Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of antropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. *Sci. Total Environ.*, 281, 87-98, 2001.
8. **Sobczyński T., Elbanowska H., Zerbe J.:** Mineralizacja próbek osadów dennych jezior do oznaczania zawartości metali ciężkich. W: *Metody pobierania i przygotowania próbek wód, ścieków i osadów dennych do analiz fizyczno-chemicznych* (Red.: J. Siepak). Materiały konferencyjne, Poznań, 47-50, 1997.

PHYSICAL AND CHEMICAL FEATURES OF WATER AND BOTTOM SEDIMENTS
IN THE DEPRESSION RESERVOIRS ON THE POLESIE LUBELSKIE

S. Radwan, M. Misztal, B. Stepień, W. Bojar

Department of Hydrobiology and Ichtiobiology, University of Agriculture
Akademicka 13 str., Lublin, Poland

A b s t r a c t. Two small and shallow depression reservoirs, named Nadrybie and Szczecin are situated in the Łęczna-Włodawa Lakeland (eastern Poland). They were created in 1984 and 1993 respectively, as a result of ground subsidence on the area of hard coal mine "Bogdanka. Their surface range from 40 ha in Nadrybie reservoirs to 100 ha in Szczecin reservoirs. They collect ground water flowing down from agriculture areas. The aim of present work was to analyse the results of investigations on the chemistry of water and bottom sediments of antropogenic lakes.

K e y w o r d s: depression reservoirs, chemistry, water, bottom sediments