

Natalia PERLICEUSZ¹, Magdalena SENZE¹, Marcin SKWARKA²
Monika KOWALSKA-GÓRALSKA¹ i Tomasz SKWARKA³

METALE CIĘŻKIE W WODZIE I OSADACH DENNYCH Z MIEJSKICH ZBIORNIKÓW WODNYCH REJONU WAŁBRZYCHA

HEAVY METAL IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF URBAN WATER RESERVOIRS OF WAŁBRZYCH AREA

Abstrakt: Przedmiotem badań było określenie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi ekosystemów wodnych, analizując próbki wody oraz osadów dennych zbiorników wód powierzchniowych na terenie parków miejskich rejonu Wałbrzycha. Zawartość metali w wodzie uszeregowano następująco: Zn > Cu > Pb > Ni > Cd. Wody z analizowanych stanowisk badawczych charakteryzowały się podwyższonym stężeniem kadmu, a zbiornik Nowe Miasto dodatkowo znaczącym stężeniem Pb. Koncentracje Cu, Ni oraz Zn nie stanowiły zagrożenia dla funkcjonowania ekosystemów wodnych. Koncentracja metali w osadach dennych stanowiła szereg: Zn > Pb > Cu > Ni > Cd. Badania osadów dennych, pobranych ze zbiorników, nie wykazały znaczącego zanieczyszczenia metalami, jedynie osady stanowiska w miejscowości Lubomin charakteryzowały się podwyższoną zawartością Cd, a osady zbiornika Poniatów i Szczawno Zdrój - zwiększoną zawartością Pb.

Słowa kluczowe: woda, osady denne, parki miejskie, metale ciężkie, Wałbrzych

Wprowadzenie

Spośród wszystkich problemów środowiskowych związanych z wodą zanieczyszczenie pierwiastkami toksycznymi jest jednym z najbardziej znaczących dla ekosystemów wodnych [1, 2].

Wędrówka pierwiastków metalicznych w środowisku jest procesem wielokierunkowym. Wraz z depozycją suchą i mokrą opadają one na powierzchnię ziemi i poprzez spływy powierzchniowe oraz podziemne trafiają do gleb i zbiorników wodnych. W zbiornikach wód płynących te elementy mogą ulec rozproszeniu, a wody - samooczyszczeniu. W przypadku rezerwarów wód stojących, zwłaszcza małych bezodpływowych zbiorników wodnych, stagnująca woda powoduje akumulację metali ciężkich, które są zagrożeniem dla żyjących tam organizmów oraz całego ekosystemu [3-5].

Zanieczyszczenia, w tym również metale ciężkie znajdujące się w wodzie, sedymentują na dno zbiornika, gdzie są akumulowane przez osady denne. Podwyższona kondensacja pierwiastków toksycznych w osadach może występować również, gdy poziom zanieczyszczeń w wodach nie przekracza przyjętych norm jakości. Z tego powodu

¹ Zakład Hydrobiologii i Akwakultury, Instytut Biologii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. J. Chełmońskiego 38C, 51-630 Wrocław, tel. 71 320 58 73, email: magdalena.senze@up.wroc.pl, monika.kowalska-goralska@up.wroc.pl

² Centralny Ośrodek Informatyki - Grupa MSW, Oddział Łódź, al. marsz. Józefa Piłsudskiego 76, 90-330 Łódź, tel. 42 253 54 00, email: marcin.skwarka@coi.gov.pl

³ Departament Zrównoważonego Rozwoju, Ministerstwo Środowiska, ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa, tel. 22 579 22 55, email: tomasz.skwarka@mos.gov.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'10, Piechowice, 14-16.10.2010

w stosunkowo czystych wodach w depozycie dennym może występować znaczna zawartość elementów szkodliwych [6-8].

Celem pracy była ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi wody i osadów dennych zbiorników wód powierzchniowych zlokalizowanych na terenie Wałbrzycha i okolic.

Materiały i metody

Zbadano wodę oraz depozyt denny pochodzące ze zbiorników wodnych zlokalizowanych na terenie Wałbrzycha (parkowe zbiorniki wodne w dzielnicach: Piaskowa Góra, Poniatów, Rusinów i Nowe Miasto) oraz miejscowości przyległych (zbiorniki wodne w parkach: Szczawna Zdroju, Lubomina, Świebodzic i Grzęd Górnych).

Większość parków zlokalizowana był z dala od ciągów komunikacyjnych oraz otoczona przez roślinność niską oraz drzewa, które, rosnąc obficie, tworzą enklawy zieleni, jak również osłaniają rezerwuary wodne, chroniąc je przed depozycją suchą i mokrą. Wyjątek stanowi zbiornik wodny w zieleńcu Nowe Miasto zaprojektowany w centrum miasta, blisko pasów drogowych z małą ilością bujnej roślinności, zwłaszcza drzew.

Próbki wody zostały pobrane czterokrotnie w ciągu roku - wiosną (kwiecień 2009), latem (lipiec 2009), jesienią (listopad 2009) oraz zimą (luty 2010), podczas gdy próbki osadów dennych trzykrotnie - wiosną, latem i jesienią. Z powodu wybetonowania dna brak jest materiału dennego ze stanowiska Nowe Miasto.

Woda została pobrana z każdego zbiornika ok. 0,5 m od brzegu, z głębokości 0,2 m. Na potrzeby dalszego pomiaru koncentracji metali ciężkich na miejscu przeprowadzono pomiar przewodnictwa elektrolitycznego oraz odczynu, zaś w laboratorium zakładowym oznaczono dodatkowo twardość ogólną, koncentrację chlorków, Ca oraz Mg.

250 cm³ każdej próbki wody przesączano filtrem membranowym grubym, poddawano zagęszczeniu do 1/10 objętości i zmineralizowano z dodatkiem 10 cm³ HNO₃ cz.d.a (SIGMA). W mineralizatach oznaczono metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (AAS) koncentracje pierwiastków śladowych - Cu, Cd, Ni, Pb oraz Zn na aparacie SpectrAA 220FS (VARIAN). Granica oznaczalności dla ww. aparatu wynosiła 0,0001 ppm dla Pb i 0,0003 ppm dla pozostałych metali ciężkich.

Osady denne zostały pobrane na tych samych stanowiskach badawczych co woda przy pomocy czepacza Eckmanna. Próbki wstępnie oczyszczono, wysuszono do stanu powietrznie suchego, przesiano przez sito i roztarto w moździerzu porcelanowym. Z każdej partii pobrano 2,0 g osadu i zmineralizowano na mokro w obecności 10 cm³ HClO₄ cz.d.a. (SIGMA) w piecu mikrofalowym MARS-5. Koncentracje pierwiastków śladowych - Cu, Cd, Ni, Pb oraz Zn w osadach oznaczono za pomocą aparatu SpectrAA 220FS (VARIAN).

Wyniki opracowano statystycznie z użyciem programu STATgraphic 5.0. Przyjęto poziom istotności otrzymanych wyników ($p \leq 0,01$).

Wyniki i dyskusja

Zawartości metali ciężkich (Cu, Ni, Cd, Pb, Zn) w wodach i osadach dennych zbiorników parków miejskich przedstawione zostały odpowiednio w tabelach 1 i 2. Średnie wartości parametrów fizykochemicznych wód zestawiono w tabeli 3.

Tabela 1
Zawartość metali (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) w wodach zbiorników z parków wałbrzyskich [mg·dm⁻³]

Table 1
Heavy metals (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) concentration in water tanks from urban parks in Wałbrzych city and surroundings [mg·dm⁻³]

Metal	Pora roku	Piaskowa Góra	Poniatów	Rusinów 1	Rusinów 2	Nowe Miasto	Świebodzice	Szczawno Zdrój	Lubomin	Grzędy Górne
Cu	Wiosna	0,0097 ^{ab}	0,0094 ^{ab}	0,0042	0,0079	0,0095 ^{ab}	0,0070 ^a	0,0036	0,0064 ^a	0,0079 ^a
	Lato	0,0033	0,0034	0,0038	0,0045	0,0034	0,0051	0,0039	0,0034	0,0046
	Jesień	0,0064 ^a	0,0059	0,0042	0,0122 ^{ab}	0,0107 ^{ab}	0,0062 ^a	0,0063 ^a	0,0062 ^a	0,0082 ^a
	Zima	0,0039	0,0058	0,0062 ^a	0,0034	0,0038	0,0033	0,0035	0,0046	0,0045
	średnia	0,0058	0,0061	0,0046	0,0070	0,0069	0,0054	0,0043	0,0052	0,0063
Cd	Wiosna	0,0070	0,0080	0,0060	0,0080	0,0050	0,0150 ^{ab}	0,0070	0,0200 ^{ab}	0,0090
	Lato	0,0030	0,0100	0,0090	0,0100	0,0070	0,0090	0,0080	0,0110	0,0120
	Jesień	0,0130 ^a	0,0120 ^a	0,0120 ^a	0,0170 ^a	0,0150 ^a	0,0140 ^a	0,0190 ^a	0,0170 ^a	0,0090
	Zima	0,0160 ^{ab}	0,0030	0,0090	0,0050	0,0100	0,0080	0,0120	0,0070	0,0080
	średnia	0,0098	0,0083	0,0090	0,0100	0,0093	0,0115	0,0115	0,0138	0,0095
Ni	Wiosna	0,0018	0,0014	0,0046	0,0033	0,0031	0,0037	0,0032	0,0080 ^{ab}	0,0016
	Lato	0,0029 ^b	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010
	Jesień	0,0104 ^a	0,0080 ^a	0,0068 ^a	0,0063 ^a	0,0091 ^a	0,0131 ^a	0,0071 ^a	0,0067	0,0073 ^a
	Zima	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0050 ^b	0,0000	0,0034	0,0014
	średnia	0,0038	0,0028	0,0029	0,0025	0,0031	0,0055	0,0026	0,0045	0,0028
Pb	Wiosna	0,0000	0,0128 ^b	0,0000	0,0020 ^a	0,0028	0,0014	0,0117 ^{ab}	0,0002	0,0032
	Lato	0,0000	0,0020	0,0023	0,0007	0,0010	0,0000	0,0002	0,0002	0,0039 ^b
	Jesień	0,0060 ^a	0,0106 ^a	0,0111 ^a	0,0000	0,0147 ^{ab}	0,0091 ^a	0,0098 ^a	0,0046 ^a	0,0118 ^a
	Zima	0,0011	0,0005	0,0018	0,0008	0,0100 ^b	0,0001	0,0003	0,0047 ^a	0,0042
	średnia	0,0018	0,0065	0,0038	0,0009	0,0071 ^b	0,0035	0,0054	0,0024	0,0057
Zn	Wiosna	0,0223 ^a	0,0261 ^a	0,0129	0,0258 ^a	0,0267	0,0114	0,0222 ^a	0,0125	0,0162 ^a
	Lato	0,0113	0,0124	0,0118	0,0134	0,0109	0,0113	0,0086	0,0174	0,0088
	Jesień	0,0107	0,0100	0,0221 ^a	0,0102	0,0378 ^{ab}	0,0110	0,0163	0,0150	0,0072
	Zima	0,0169	0,0149	0,0111	0,0108	0,0168	0,0107	0,0119	0,0159	0,0075
	średnia	0,0153	0,0159	0,0145	0,0151	0,0231	0,0111	0,0148	0,0152	0,0099

a - różnice statystycznie istotne dla parku ($p \leq 0,01$); b - różnice statystycznie istotne między parkami w danym sezonie ($p \leq 0,01$). Wyniki podano w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących

Tabela 2
Zawartość metali (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) w osadach dennych zbiorników wodnych z parków wałbrzyskich [mg·kg⁻¹ s.m.]

Table 2
Heavy metals (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn) concentration in water sediments from urban parks in Wałbrzych city and surroundings [mg·kg⁻¹ d.m.]

Metal	Pora roku	Piaskowa Góra	Poniatów	Rusinów 1	Rusinów 2	Świebodzice	Szczawno Zdrój	Lubomin	Grzędy Górne
Cu	Wiosna	3,919	15,342 ^a	23,353 ^{ab}	9,934	9,504	11,858	11,196	2,420
	Lato	5,983	10,568	6,845	6,206	5,925	9,872	10,819	2,337
	Jesień	3,768	9,968	15,426	8,760	8,770	7,754	9,229	2,359
	średnia	4,557	11,959	15,208	8,210	8,067	9,828	10,414	2,372
Cd	Wiosna	0,032	0,081	0,451 ^{ab}	0,129	0,150	0,047 ^a	1,119 ^b	0,031
	Lato	0,213 ^a	0,235 ^a	0,109	0,244	0,225	0,296	1,211 ^b	0,205
	Jesień	0,147	0,149	0,381	0,220	0,344 ^a	0,236	7,086 ^{ab}	0,137
	średnia	0,131	0,155	0,314	0,197	0,239	0,193	3,139 ^b	0,125

Metal	Pora roku	Piaskowa Góra	Poniatów	Rusinów 1	Rusinów 2	Świebodzice	Szczawno Zdrój	Lubomin	Grzędy Górne
Ni	Wiosna	5,148	15,643	10,796	8,390	25,114 ^b	11,470	16,513	3,656
	Lato	9,800	14,392	31,982 ^{ab}	7,532	14,898	11,397	15,704	5,097
	Jesień	6,921	14,521	15,360	8,377	20,555	10,514	15,863	3,476
	średnia	7,290	14,852	19,379	8,100	20,189	11,127	16,027	4,076
Pb	Wiosna	4,118	19,959 ^b	14,149	14,060	12,963	23,538 ^b	12,743	5,701
	Lato	5,296	19,994	14,393	9,392	8,235	15,819	13,014	6,387
	Jesień	4,518	108,970 ^{ab}	23,161	12,597	9,827	122,640 ^{ab}	6,974	4,155
	średnia	4,644	49,641 ^b	17,234	12,016	10,342	53,999 ^b	10,910	5,415
Zn	Wiosna	18,202	52,063	45,497	87,236 ^b	47,836 ^a	57,648	53,737	29,969 ^a
	Lato	17,639	66,096	49,663	57,425	21,618	52,370	57,991	17,279
	Jesień	12,680	61,597	84,565 ^{ab}	67,970	55,698	63,023	63,492	16,887
	średnia	16,174	59,919	59,908	70,877 ^b	41,717	57,680	58,407	21,378

a - różnice statystycznie istotne dla parku ($p \leq 0,01$); b - różnice statystycznie istotne między parkami w danym sezonie ($p \leq 0,01$). Wyniki podano w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących

Tabela 3

Średnie wartości parametrów fizykochemicznych wód ze zbiorników z parków walbrzyskich

Table 3

Medium values of physicochemical parameters of water from the reservoirs of the parks in Walbrzych

Parametr	Piaskowa Góra	Poniatów	Rusinów 1	Rusinów 2	Nowe Miasto	Świebodzice	Szczawno Zdrój	Lubomin	Grzędy Górne
Twardość ogólna [mg CaCO ₃ ·dm ⁻³]	155,3	153,5	159,8	164,2	475,6 ^a	199,0	152,7	158,0	76,2
Zasadowość [mg CaCO ₃ ·dm ⁻³]	83,9	77,6	90,1	92,6	206,4 ^a	78,9	76,4	88,9	53,4
Odczyn [pH]	7,3	7,5	7,4	7,1	7,3	7,6	7,1	7,4	8,3
Przewodnictwo elektrolityczne [μS·cm ⁻¹]	365,0	4250,0 ^a	4350,0 ^a	650,0	1130,0 ^a	537,5	407,5	387,5	273,3
Wapń [mg Ca·dm ⁻³]	34,0	36,8	37,2	34,3	121,8 ^a	52,9	41,1	30,0	18,6
Magnez [mg Mg·dm ⁻³]	17,3	15,2	20,3	19,0	74,8 ^a	16,3	12,1	29,5	7,2
Chlorki [mg Cl ⁻ ·dm ⁻³]	18,5	46,0 ^a	25,5	64,0 ^a	62,5 ^a	31,0	20,8	15,0	15,0

a - różnice statystycznie istotne między parkami ($p \leq 0,01$)

Zestawiono je z wartościami normatywnymi wg obowiązującego Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [9] oraz uchylonych (dla celów porównawczych) Rozporządzeń MŚ w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych [10] oraz w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych [11]. W przypadku osadów dennych otrzymane wyniki zestawiono z geochemiczną klasyfikacją osadów wodnych wg Bojakowskiej i Sokołowskiej [12].

Koncentracje metali wykazywały zmienność sezonową. Największe stężenia pierwiastków ciężkich w wodach odnotowano w okresie wiosny oraz jesieni, najniższe natomiast w okresie lata. Charakterystyka meteorologiczna i związana z tym depozycja

mokra w ww. okresach, jak również zmiany jakości powietrza na obszarze wałbrzykim sprzyjały gromadzeniu się pierwiastków w zbiornikach bezodpływowych [13-16].

Miedź

Wody zbiorników parkowych na terenie Wałbrzycha i okolic charakteryzowały się bardzo niskim poziomem metalu. Zawartości Cu w wodach w całym okresie badawczym nie przekraczały wartości granicznej wskaźników jakości wód $0,05 \text{ mg Cu}\cdot\text{dm}^{-3}$ wyznaczonej w krajowych normatywach prawnych [11, 12]. Średnie całoroczne stężenia Cu w wodach analizowanych zbiorników wynosiły ok. $0,0043\text{-}0,0070 \text{ mg Cu}\cdot\text{dm}^{-3}$ i nie stanowiły zagrożenia dla ryb i roślinności wodnej [1, 3, 17], a nawet dla człowieka w przypadku ewentualnego spożycia [18].

Monitoring wód powierzchniowych w zbiornikach wodnych (w tym zaporowych) z terenu województwa dolnośląskiego, wykonywany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) przez stacje Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska (WIOŚ) we Wrocławiu, Legnicy i Wałbrzych latach 2008-2009, wykazał zawartość Cu w zakresie $0,000\text{-}0,028 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ [13-16]. Średnie stężenie Cu w wałbrzyjskich zbiornikach wodnych jest znacząco niższe ($p \leq 0,01$) od pomiarów monitoringu krajowego czy europejskiego EEA lub amerykańskiego (dopuszczalna wartość maksymalna zawartości Cu w wodzie - odpowiednio $2,00$ i $1,00 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) [19, 20].

Średnia zawartość Cu w osadach dennych badanych zbiorników wodnych zawierała się w granicach $2,372\text{-}15,208 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. i była zbliżona do naturalnej koncentracji tego metalu w osadach dennych ze zbiorników wód stojących w Polsce [21]. Porównywalne koncentracje uzyskał dolnośląski WIOŚ w badaniach osadów dennych zbiorników zaporowych i jezior wykonanych w ramach PMŚ.

Wyjątek stanowiły zbiorniki Poniatów i Rusinów 1, dla których koncentracja Cu wskazywała na I klasę czystości osadów, pozostałe zbiorniki posiadały osady wodne ze stężeniem pierwiastka na poziomie tła geochemicznego wg klasyfikacji geochemicznej Bojakowskiej i Sokołowskiej [12].

Kadm

Jest pierwiastkiem szczególnie niebezpiecznym w wodach powierzchniowych, często występującym w wodach zastoiskowych charakterystycznych dla terenów eksploatowanych górnictwo jak np. rejon Wałbrzycha [1,21]. Proces samooczyszczenia takich wód jest hamowany przy zawartości $0,010 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ [10]. WHO podaje poziom Cd w wodzie, przy którym spożycie metalu jest dopuszczalne na $0,003 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ [23]. Koncentracja Cd w wodzie powyżej $0,005\text{-}0,010 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ staje się szkodliwa dla środowiska.

Wody z analizowanych stanowisk zaliczono do wód o podwyższonej koncentracji pierwiastka. Średnia koncentracja Cd w wodzie badanych zbiorników na poziomie $0,0083\text{-}0,0138 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, w zależności od twardości wody, była wyższa w porównaniu do obowiązującej normy jakości wody pod względem zawartości pierwiastka czy wobec przykładów z literatury tematu [1, 9, 21-24]. W oparciu o uchylone rozporządzenia MŚ zawartość Cd w wodach badanych zbiorników klasyfikuje je do VI-V klasy jakości wód [10, 11].

Lis i Pasieczna podają wartość tła geochemicznego zawartości Cd w osadach dennych zbiorników wodnych w Polsce na poziomie $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [21], podczas gdy Bojakowska i Sokołowska - $0,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. [12]. Koncentracje pierwiastka w większości osadów zbiorników poddanych analizie nie przekraczały obu ww. wartości. Wyjątek stanowił depozyt denny pobrany ze stanowiska Lubomin, w którym zaobserwowano podwyższoną ilość pierwiastka, szczególnie w pobraniach jesiennych [12, 25].

Według klasyfikacji geochemicznej osadów wodnych badane osady zbiorników pod względem zawartości kadmu należą do I klasy czystości ($< 1,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Osady denne ze stanowiska Lubomin zaliczono do klasy III [12].

Nikiel

Naturalna zawartość niklu w wodach powierzchniowych wynosi $0,005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. W niezanieczyszczonych wodach występuje rozpuszczony nikiel w stężeniach od $0,001$ do $0,003 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast wody z terenów uprzemysłowionych zawierają $0,010$ - $0,050 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a nawet $0,200 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ [26].

Wody wszystkich stanowisk pomiarowych charakteryzują się znacząco ($p \leq 0,01$) niższą zawartością tego metalu (średnia zawartość $0,0025$ - $0,0055 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) niż dopuszczalne koncentracje maksymalne uregulowane prawnie [9-11, 18, 27] czy charakterystyczne dla terenów zdegradowanych [26]. W okresach letnim i zimowym ilość Ni w niektórych zbiornikach była nawet poniżej zdolności odczytu spektrofotometru, zaś w pobraniach jesiennych obserwowano zwiększoną koncentrację Ni zbliżoną do poziomu $0,010 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Koncentracja Ni w zbiornikach wodnych (w tym zaporowych) z terenu województwa dolnośląskiego monitorowanych przez WIOŚ była zbliżona do wartości w analizowanych zbiornikach wodnych [13-16].

Średnia zawartość Ni w badanych osadach dennych zawierała się w granicach $4,076$ - $20,189 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. i była wyższa od tła geochemicznego obecności Ni dla osadów, przy czym badane osady denne określono jako niezanieczyszczone - I klasa czystości [12, 21, 25].

Zaobserwowane w osadach zbiorników Lubomin, Poniatów, Rusinów 1 i Świebodzice koncentracje metalu powyżej $15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. mogą być skutkiem wysokiej zasadowości wody zbiorników. Wszystkie ww. stanowiska pomiarowe wykazywały tę zależność.

Ołów

Przy zawartości Pb utrzymującym się na poziomie $0,100 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ sprzyja on zakłóceniu oraz hamowaniu procesu samooczyszczania się wód [26, 28]. W badanych wodach średnie koncentracje ołowiu wynosiły od $0,0009$ do $0,0071 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i były istotnie niższe ($p \leq 0,01$) w porównaniu do wartości granicznych zawartości Pb w wodzie ujętych w rozporządzeniach krajowych [9, 18], unijnych [20, 27] czy zaleceniach amerykańskich i WHO [19, 23]. Stanowiska te położone są z dala od ulic, na których ruch samochodowy jest wzmoczony (zbiorniki Poniatów, Rusinów 1, Rusinów 2), lub otoczone są terenami zielonymi oraz drzewami (zbiorniki Piaskowa Góra, Świebodzice, Szczawno Zdrój, Lubomin, Grzędz Górne).

Najwyższą całoroczną średnią koncentrację pierwiastka zanotowano w wodach stanowiska Nowe Miasto. Przekraczała ona normatywne dopuszczalne wartości podane w obowiązującym rozporządzeniu wodnym [9]. Może być to związane z bliskością ciągu komunikacyjnego, centrum miasta oraz brakiem bujnej roślinności, a zwłaszcza drzew, które kumulują ołów pochodzący ze spalin samochodowych.

Średnie koncentracje Pb w analizowanych osadach dennych zawierały się w granicach 4,644-53,999 mg·kg⁻¹ s.m. Naturalne stężenie ołowiu w osadach dennych na terenie Polski osiąga wartość 15,0-30,0 mg·kg⁻¹ s.m. [21, 26]. Większość stanowisk pomiarowych wykazywała niższą lub zbliżoną do tła geochemicznego koncentrację Pb. Według klasyfikacji osadów wodnych na podstawie kryteriów geochemicznych badane osady należą w większości do I klasy czystości.

Na szczególną uwagę zasługują osady ze zbiornika wodnego w parku Poniatów i Szczawna Zdroju, które charakteryzowały się podwyższonym stężeniem pierwiastka (przekraczającym poziom 30,0-50,0 mg·kg⁻¹ s.m.). Zanieczyszczone osady zaliczono do klasy II [12, 25]. Oba parki i ich zbiorniki wodne mają co najmniej kilkudziesięcioletnią historię i przed ten czas nie były czyszczone. W przypadku ewentualnego wzruszenia stabilności osadów wodnych może dojść do uruchomienia dostępności zakumulowanych w nich pierwiastków.

Niskie stężenie ołowiu w osadach badanych zbiorników zaobserwowane w okresie wiosenno-letnim (< 15,0 mg·kg⁻¹ s.m.) może być spowodowane wypłukiwaniem tego pierwiastka przez wodę znajdującą się nad osadem, a w niektórych stanowiskach mogła się do tego przyczynić bujna roślinność niska oraz drzewa, które „wychytują” ten metal.

Cynk

Krajowe normy prawne wskazują 1,0-3,0 mg·dm⁻³ jako wartości dopuszczalne koncentracji w wodzie [9, 10, 17, 18]. Średnie stężenia pierwiastka w wodzie badanych zbiorników wynosiły 0,0099-0,0231 mg·dm⁻³ i były znacząco niższe ($p \leq 0,01$) od ww. zawartości Zn.

Średnie całoroczne ilości mikroelementu w wodach stanowisk badawczych były najwyższe ze wszystkich analizowanych metali, jednakże stanowią one wartości z poziomu tła naturalnego i nie stanowią zagrożenia ekotoksykologicznego [26].

Koncentracja Zn na poziomie tła geochemicznego dla osadów dennych zbiorników wód powierzchniowych na terenie Polski wynosi 70,0-75,0 mg·kg⁻¹ [21, 26]. Materiał denny z badanych stanowisk wykazywał zbliżoną do wymienionej zawartość cynku. Osady wykazywały koncentracje pierwiastka pozwalające na zakwalifikowanie ich do I klasy czystości osadów [12].

Zaobserwowane sezonowo niskie wartości średnich całorocznych koncentracji Zn w depozycie dennym ze stanowisk badawczych korelowały z koncentracjami Cu w badanych osadach [28, 29].

Podsumowanie i wnioski

Koncentracja Cu, Ni i Zn w wodach oraz osadach dennych parkowych zbiorników wodnych zlokalizowanych na terenie Wałbrzycha i okolic przyległych była generalnie zbliżona do wartości normatywnych podawanych w prawodawstwie krajowym

i literaturze naukowej. Największe koncentracje metali ciężkich w wodach odnotowano w okresie wiosny oraz jesieni, najniższe natomiast w okresie lata.

Zauważone koncentracje Cd i Pb w wodach czy osadach dennych stanowisk badawczych może być szkodliwe dla organizmów wodnych oraz negatywnie na nie oddziaływać. Większość przebadanych wód wykazywała zwiększoną koncentrację Cd, a zbiornik Nowe Miasto - dodatkowo Pb. W osadach dennych pochodzących ze zbiornika Lubomin wykryto znaczącą zawartość Cd, a ze zbiornika Poniatów i Szczawno Zdrój - Pb.

Literatura

- [1] Chelmicki W. Woda - zasoby, degradacja, ochrona. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2002.
- [2] Senze M, Kowalska-Górska M, Pokorny P. J Elem. 2009;14(1):147-156. <http://www.uwm.edu.pl/jold/poj1412009/jurnal-14.pdf> (dostęp w dniu 30.06.2014).
- [3] Yuvanatiya V, Boyd CE. Aqua Eng. 2006;35:34-42. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486090600015X> (dostęp w dniu 30.06.2014).
- [4] Bhat MM, Narain K, Andrabi SZ, Shukla RN, Yunus M. Universal Journal of Environmental Research and Technology. 2012;2(4):225-232. <http://www.environmentaljournal.org/2-4/ujert-2-4-5.pdf> (dostęp w dniu 30.06.2014r.).
- [5] Pokorny P, Senze M, Dobicki W, Kowalska-Górska M, Polechoński R. Przem Chem. 2013;92(9):1768-1771. DOI: 10.13140/2.1.4929.0887.
- [6] Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2004 roku. http://www.wroclaw.pios.gov.pl/pliki/raporty/2004/raport_2004.zip (aktualne na dzień 30.06.2014r.).
- [7] Kowalska-Górska M, Senze M, Byndas K. Ecol Chem Eng A. 2009;16(4):373-388. http://tchie.uni.opole.pl/ece_a/A_16_4/ECE_A16%284%29.pdf.
- [8] Senze M, Kowalska-Górska M. Ecol Chem Eng A. 2009;16(9):1199-1203. http://tchie.uni.opole.pl/ece_a/A_16_9/ECE_A16%289%29.pdf.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U.2011.257.1545). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20112571545>.
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Dz.U.08.162.1008). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20081621008>.
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U.2004.32.284). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20040320284>.
- [12] Bojakowska I, Sokołowska G. Przegląd Geol. 1998;46(1):45-51.
- [13] Stan środowiska w województwie dolnośląskim w 2008 roku. http://www.wroclaw.pios.gov.pl/pliki/raporty/2008/raport_2008.zip (dostęp w dniu 30.06.2014).
- [14] Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2009 roku. http://www.wroclaw.pios.gov.pl/pliki/raporty/2009/raport_2009.zip (dostęp w dniu 30.06.2014).
- [15] http://www.wroclaw.pios.gov.pl/index.php/monitoring-srodowiska/wody-powierzchniowe/stan-czystosci-wod/wyniki_2008/ (dostęp w dniu 15.06.2009).
- [16] http://www.wroclaw.pios.gov.pl/index.php/monitoring-srodowiska/wody-powierzchniowe/stan-czystosci-wod/wyniki_2009/ (dostęp w dniu 31.10.2010).
- [17] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (DzU 2002.176.1455). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20021761455>.
- [18] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (DzU 2002.204.1728). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20022041728>.
- [19] <http://www.occ.state.ok.us/> (dostęp w dniu 01.07.2010).
- [20] http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/#c5=&c7=all&c0=10&b_start=0&c6=heavy+metals+in+water (dostęp w dniu 30.06.2014).

- [21] Lis J, Pasieczna A. Atlas geochemiczny Polski. Warszawa: PIG;1995.
- [22] Dojlido JR. Chemia wód powierzchniowych. Białystok: Ekonomia i Środowisko; 1995.
- [23] Guidelines for Drinking-water Quality - World Health Organization Recommendations. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf (dostęp w dniu 30.06.2014).
- [24] Zubaidah I, Khatijah S, Siti Zulaikha O, Abu Hanipah R, Sharif MS, Ramlee K, et al. Measurement. 2013;46(10): 4135-4144.
- [25] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony. (DzU 2002.55.498). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20020550498>.
- [26] Kabata-Pendias A. Pendias H. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.
- [27] Dyrektywa Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r., w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (1998L0083 L 330/32). ec.europa.eu/enlargement/ccvista/pl/31998l0083-pl.doc.
- [28] Świdarska-Bróż M. Mikrozanieczyszczenia w środowisku wodnym. Wrocław: Politechnika Wrocławska; 1993.
- [29] Paluch J, Pulikowski K., Trybała M. Ochrona wód i gleb. Wrocław: AR we Wrocławiu; 2001.
- [30] Madeyski M, Tarnawski M. IETW 2006;4(3):107-116 <http://tinyurl.com/Madeyski-M> (dostęp w dniu 30.06.2014).

HEAVY METAL IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF URBAN WATER RESERVOIRS OF WALBRZYCH AREA

¹Department of Hydrobiology and Aquaculture, Institute of Biology, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Wrocław

²Central Informatics Office, Ministry of the Interior, Łódź

³Department of Sustainable Development, Ministry of Environment, Warszawa

Abstract: The aim of the study was to determine the degree of heavy metal pollution (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in small aquatic ecosystems. Between 2009 and 2010, samples of water and bottom sediments from surface water tanks in nine urban parks of Wałbrzych city and surroundings were collected and examined. The concentrations of heavy metals in water are ordered as follows: Zn > Cu > Pb > Ni > Cd. Water from analyzed positions characterized by elevated level of Cd. In water of Nowe Miasto pond - high concentration of Pb was seen. Cu, Ni and Zn concentrations were not perilous for aquatic ecosystems functioning. The concentration of heavy metals in bottom sediments are ordered as follows: Zn > Pb > Ni > Cu > Cd. Generally sediments taken from analysed water tanks revealed no contamination with heavy metals. Only those from Lubomin characterized by a higher content of Cd and from Poniatow and Szczawno Zdroj - a higher content of Pb.

Keywords: water, bottom sediments, urban parks, heavy metals, Wałbrzych