

Łukasz BAŃK¹, Jarosław GÓRSKI¹ i Bartosz SZELAŃG¹

KONCENTRACJA METALI CIĘŻKICH W WODZIE I OSADACH DENNYCH MAŁEGO ZBIORNIKA WODNEGO W KANIOWIE

HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL WATER RESERVOIR AT KANOW

Abstrakt: W artykule przedstawiono wyniki badań stężeń jonów wybranych metali ciężkich (Fe, Cr, Zn, Ni, Mn, Cu, Pb, Cd, Hg) w osadach i wodzie małego zbiornika zaporowego zlokalizowanego w miejscowości Kaniów na cieklu od Borowej Góry. Do badań pobrano osady i wodę z części górnej, środkowej i dolnej zbiornika. Próbkę pobrano dwukrotnie, po raz pierwszy w lipcu 2012 r., a następnie w marcu 2013 r. Zawartość pierwiastków śladowych w wodzie nie przekraczała: $801 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Fe), $0,064 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Cr), $13,50 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Zn), $0,106 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Ni), $285 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Mn), $2,35 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Cu), $6,98 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Pb), $3,35 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Cd). W przypadku osadów dennych maksymalne odnotowane stężenia metali ciężkich wynosiły: $872 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Fe), $15,19 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cr), $26,26 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Zn), $16,26 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Ni), $750 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mn), $3,58 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cu), $82,56 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Pb), $0,73 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cd), $0,0031 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Hg). Podjęto również próbę określenia matematycznej zależności między zawartością części organicznych w osadach dennych zbiornika a metalami ciężkimi oraz określono możliwość rolniczego wykorzystania osadów po ich wydobyciu z dna zbiornika.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, osady denne, zbiornik wodny

Miejscami, w których obserwuje się intensywne odkładanie zawieszonych transportowanych przez ciek, są zbiorniki wodne. Akumulowane w obrębie czasz zbiorników osady przyczyniają się do zmniejszenia ich pojemności, a w konsekwencji ograniczenia funkcji pełnionych przez te obiekty. Szczególnie intensywnemu zamulaniu podlegają małe zbiorniki wodne [1, 2], które po kilku, kilkudziesięciu latach eksploatacji muszą być poddane zabiegom bagrowania. Po każdym odmulaniu osady denne muszą być właściwie zagospodarowane, zależnie od ich właściwości fizykochemicznych [3].

Skład chemiczny osadów jest pochodną wielu czynników zarówno naturalnych, jak i antropogennych. Zależy on przede wszystkim od budowy geologicznej zlewni, jej zagospodarowania, użytkowania oraz warunków klimatyczno-hydrologicznych - decydujących o przebiegu i natężeniu procesów erozyjnych w zlewni oraz migracji i akumulacji zawieszin, jak również pierwiastków śladowych [4-7]. W zlewniach nieuprzemysłowionych źródłem metali ciężkich mogą być płytko zalegające złoża mineralne, natomiast na obszarach poddanych silnej antropopresji - działalność przemysłowa i rolnicza człowieka [8-10]. Istotnym źródłem metali ciężkich mogą być niekontrolowane zrzuty ścieków gospodarczo-bytowych oraz opadowych bezpośrednio do rzek i zbiorników wodnych. Z badań przeprowadzonych przez Bąka i in. [11] oraz Górską i Sikorskiego [12] wynika, że ścieki opadowe, pochodzące z terenów miejskich, są silnie zanieczyszczone związkami ołowiu, cynku, niklu, chromu, kadmu i miedzi.

W pracy przedstawiono charakterystykę właściwości fizykochemicznych osadów dennych i wody małego zbiornika zaporowego położonego w miejscowości Kaniów.

¹ Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, tel. 41 342 47 35, email: l.bak@tu.kielce.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'12, Zakopane, 10-13.10.2012

Określona zawartość metali ciężkich została porównana z wartościami progowymi dopuszczalnych stężeń podanych w rozporządzeniu ministra ochrony środowiska oraz klasyfikacji LAWA.

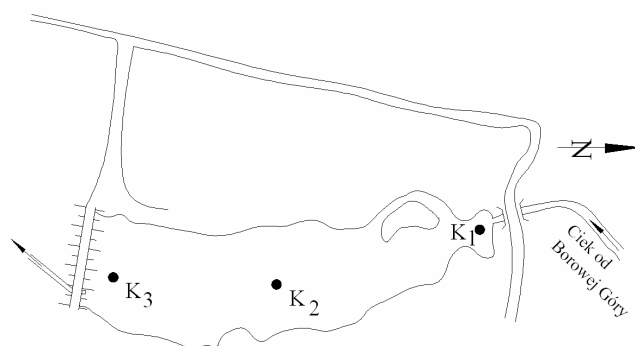
Materiał i metody

Opis obiektu

Zbiornik Kaniów został oddany do eksploatacji w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Powstał on przez przegrodzenie cieku od Borowej Góry w km 0+920 zaporą ziemną o długości 80 m. Jest to zbiornik dolinowy, przepływowy pełniący funkcję rekreacyjną. Przy normalnym poziomie piętrzenia pojemność zbiornika wynosi 40,0 tys. m³, a powierzchni lustra wody jest równa 2,0 ha. Średnia głębokość zbiornika wynosi około 1,8 m. W strukturze użytkowania zlewni, której powierzchnia jest równa 7,37 km², przeważają lasy (ponad 80% jej powierzchni) w postaci zwartych kompleksów świerkowo-jodłowych, sosnowych oraz lasów grabowo-świerkowych. Pozostałą część stanowią łąki (8,1%), pola orne (10,9%) i tereny zabudowane (0,7%). Na użytkach rolnych dominującą uprawą są zboża, natomiast rośliny okopowe (głównie ziemniaki) mają mniejszy udział. W zlewni zbiornika przeważają gleby słabe należące do V i VI klasy bonitacyjnej. W latach 2001-2002 zbiornik Kaniów poddano modernizacji. Prace budowlane polegały na podwyższeniu i wzmocnieniu konstrukcji zapory czołowej zbiornik oraz jego odmuleniu.

Metodyka badań

Próbki osadów dennych ze zbiornika Kaniów pobrano dwukrotnie, po raz pierwszy w lipcu 2012 r., po raz drugi w marcu 2013 r. Pobrano je z łodzi do przezroczystych cylindrów o średnicy wewnętrznej 57 mm i długości 1200 mm, przy użyciu pobieraka typu „Becker”. Wyposażony jest on w głowicę tnącą, pozwalającą na zamknięcie cylindra od dołu, co umożliwia pobranie osadów w stanie nienaruszonym. Próbki wody do analizy pobierano z użyciem batymetru z połowy głębokości w miejscu jej pobrania. Miejsca pobrania próbek osadów dennych i wody przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zarys zbiornika Kaniów wraz z lokalizacją miejsc pobrania wody i osadów dennych

Fig. 1. Contour of Kaniów reservoir with water and bottom sediments sampling sites

Po przewiezieniu cylindrów do laboratorium namuły suszono w temperaturze 60°C, a następnie ucierano w młynku do frakcji poniżej 0,063 mm i poddawano procesowi mineralizacji całkowitej. W próbkach wody i osadów oznaczano całkowitą zawartość jonów wybranych metali ciężkich (Pb, Cr, Cd, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn). W zależności od poziomu stężeń oraz otrzymanej matrycy oznaczenia wykonano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) z wykorzystaniem spektrometru AAS - SavantAA Sigma lub spektrometru AAS - SavantAA Zeeman. Procentową zawartość części organicznych w osadach określono poprzez wyżaranie próbki.

Ocenę jakości osadów dennych zbiornika Kaniów przeprowadzono poprzez porównanie zawartości metali ciężkich zakumulowanych w osadach z wartościami podanymi w obowiązującym rozporządzeniu ministra środowiska z dnia 9 września 2002 r. [13].

Do oceny stopnia zanieczyszczeń komponentów środowiska wodnego wykorzystano również stosowaną w Niemczech klasyfikację LAWA [14]. W klasyfikacji tej, w zależności od stopnia zanieczyszczeń osadów dennych metalami ciężkimi, wydzielono siedem klas czystości. Dopuszczalne zawartości metali ciężkich dla poszczególnych klas podano w tabeli 1.

Dopuszczalne zawartości metali ciężkich w osadach według klasyfikacji LAWA

Tabela 1

Permissible concentration of heavy metals in bottom sediments acc. to LAWA classification

Table 1

Metal	Klasa czystości							Klasyfikacja osadów
	I	I-II	II*	II-III	III	III-IV	IV	
Cynk	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	≤ 3200	> 3200	I - niezanieczyszczone
Ołów	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800	I-II - niezanieczyszczone /umiarkowanie zanieczyszczone
Miedź	≤ 20	≤ 40	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	> 640	II - umiarkowanie zaniecz.
Nikiel	≤ 30	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960	> 960	II-III - umiarkowanie zaniecz. /mocno zanieczyszczone
Chrom	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	≤ 1280	≤ 2560	> 2560	III - mocno zanieczyszczone
Kadm	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6	III-IV - mocno/bardzo mocno zanieczyszczone
								IV - bardzo mocno zaniecz.

* zalecana wartość dopuszczalna

Wyniki i dyskusja

Analiza zawartości metali ciężkich w osadach wykazała, że największą zmienność wyników we wszystkich analizowanych próbkach odnotowano dla niklu i ołowiu (tab. 2). Zawartość tych metali w osadach nie przekraczała 16,26 mg Ni · kg⁻¹ oraz 82,56 mg Pb · kg⁻¹, przy czym najwyższe wartości w obu przypadkach zaobserwowano na stanowisku K₂, a najniższe na stanowisku K₁ dla niklu oraz K₃ dla ołowiu. Również szeroką zmienność wyników obserwowano w przypadku chromu, cynku, miedzi i kadmu. Największą zawartość chromu obserwowano na stanowisku K₂, a najmniejszą w próbkach pobranych z górnej części akwenu (stanowisko K₁).

Zawartość cynku w próbkach nie przekraczała 26,26 mg Zn · kg⁻¹. Maksymalna zawartość związków tego pierwiastka występowała na stanowisku K₃ w 2013 r. Zawartość

miedzi w analizowanych próbkach nie przekraczała $3,56 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$, a kadmu $0,79 \text{ mg Cd} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy czym w przypadku kadmu największą jego zawartość w 2012 r., stwierdzono na stanowisku K_1 , a rok później K_3 . Największe stężenie żelaza występowało w osadach dennych pobranych ze środkowej części zbiornika ($866 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$ - 2012 r., $881 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$ - 2013 r.), a najmniejsze w próbkach z dolnej części zbiornika ($762 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$ - 2012 r., $734 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$ - 2013 r.). Podobną sytuację odnotowano w przypadku związków manganu. Zawartość rtęci wahała się w przedziale $0,002\text{-}0,003 \text{ mg Hg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Zawartość jonów metali ciężkich w osadach dennych zbiornika Kaniów

Tabela 2

Heavy metal ion content in bottom sediments in Kaniow reservoir

Table 2

Stanowisko	Fe	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	Pb	Cd	Hg	Zawartość substancji organicznych [%]
	[$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]									
03.2012 r.										
K_1	828	8,45	22,00	6,94	701	3,56	51,25	0,73	0,003	1,79
K_2	866	15,19	18,43	14,98	750	2,25	82,56	0,55	0,003	0,39
K_3	762	10,23	24,54	9,03	690	3,30	35,86	0,62	0,002	0,35
03.2013 r.										
K_1	852	8,98	20,47	7,36	717	2,98	53,15	0,79	0,003	2,00
K_2	881	14,62	17,50	16,26	758	2,19	77,36	0,58	0,003	0,28
K_3	734	11,16	26,26	9,85	673	3,54	39,16	0,69	0,002	0,45

W przypadku próbek wody (tab. 3) nie zaobserwowano tak dużej zmienności zawartości poszczególnych związków metali ciężkich jak w osadach. Największą zmiennością charakteryzowały się jony chromu i ołowiu. Maksymalne stężenia tych metali występowały w próbkach wody pobranych z miejsc oznaczonych symbolem K_1 dla chromu ($0,06 \mu\text{g Cr} \cdot \text{dm}^{-3}$ - 2012 i 2013 r.) i K_3 dla ołowiu ($6,98 \mu\text{g Pb} \cdot \text{dm}^{-3}$ - 2013 r.). Podobnym zakresem zmienności wartości charakteryzowały się jony żelaza, cynku, manganu i kadmu. Najwyższe wartości dla związków żelaza i cynku odnotowano na stanowisku K_1 , zarówno w 2012, jak i w 2013 roku. Z kolei maksymalne stężenia manganu i kadmu zaobserwowano w próbkach zlokalizowanych w przyzaporowej części akwenu, a najniższe w próbkach wody pobranych tuż przy wlocie do zbiornika (zarówno w 2012, jak i 2013 r.). Zawartości tych pierwiastków wahały się w zakresie $229\text{-}285 \mu\text{g Mn} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $2,66\text{-}3,35 \mu\text{g Cd} \cdot \text{dm}^{-3}$. Stężenia niklu i miedzi charakteryzowały się najmniejszą zmiennością podczas całego cyklu pomiarowego. Ich wartości zmieniały się w zakresie $0,09\text{-}0,11 \mu\text{g Ni} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla niklu i $2,11\text{-}2,35 \mu\text{g Cu} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla miedzi. We wszystkich analizowanych próbkach zawartość rtęci była poniżej progu wykrywalności. Odczyn wody pobranej do badań oscylował w granicach odczynu obojętnego, a stężenie zawiesin nie przekraczało $19,78 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 3).

W tabeli 4 pokazano klasyfikację zawartości metali ciężkich w osadach dennych zbiornika Kaniów. Uwzględniając klasyfikację LAWA, można stwierdzić, że w żadnej próbce nie został przekroczony dopuszczalny stopień zanieczyszczenia osadów dennych. W przypadku chromu, cynku, niklu i miedzi nie zostały przekroczone wartości progowe dla I klasy czystości osadów. Jedynie w przypadku ołowiu (stanowiska K_1 i K_2) oraz kadmu

(stanowiska K₁ i K₃) osady denne zbiornika zaklasyfikowano jako umiarkowanie zanieczyszczone.

Zawartość jonów metali ciężkich w wodzie Tabela 3

Heavy metal ion content in water

Table 3

Stanowisko	Fe	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	Pb	Cd	Hg	pH	Zawiesina
	[μg · dm ⁻³]										[mg · dm ⁻³]
03.2012 r.											
K ₁	801	0,06	13,51	0,10	229	2,11	5,21	2,66	nd	7,40	17,68
K ₂	649	0,06	12,21	0,10	229	2,11	6,11	3,06	nd	7,20	12,54
K ₃	702	0,05	12,21	0,09	244	2,35	6,52	3,35	nd	7,25	15,25
03.2013 r.											
K ₁	743	0,06	13,26	0,10	264	2,25	4,37	2,66	nd	7,35	18,11
K ₂	693	0,04	12,97	0,11	273	2,15	6,23	2,97	nd	7,40	11,11
K ₃	721	0,05	12,35	0,09	285	2,32	6,98	3,25	nd	7,20	19,78

Klasyfikacja osadów dennych zbiornika Kaniów

Tabela 4

Classification of bottom sediments in the Kaniow reservoir

Table 4

Stanowisko	Cr	Zn	Ni	Cu	Pb	Cd	Hg	Kryterium
K ₁	I	I	I	I	II*	II*	-	Klasyfikacja LAWA
K ₂	I	I	I	I	II*	I-II	-	
K ₃	I	I	I	I	I-II	II ⁺	-	
K ₁	A	A	A	A	B	A	A	RMŚ
K ₂	A	A	A	A	B	A	A	
K ₃	A	A	A	A	A	A	A	

Ustalone w rozporządzeniu w sprawie standardów jakości gleby [13] wartości dopuszczalne zostały przekroczone jedynie w przypadku ołowiu (stanowiska K₁ i K₂). Tym samym osady zalegające na dnie akwenu pod względem chemicznym odpowiadają gruntom zaliczanym do użytków rolnych (grupa B).

Wody zbiornika Kaniów spełniają podstawowe wymagania chemiczne (zawartość metali ciężkich), jakim powinna odpowiadać woda przeznaczona do spożycia. Podczas badań nie zaobserwowano przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń badanych metali ciężkich zawartych w rozporządzeniu [15].

Wnioski

- Osady denne zbiornika Kaniów w nieznanym stopniu zanieczyszczone są metalami ciężkimi, przy czym widoczne jest przestrzenne zróżnicowanie ich koncentracji. Na uwagę zasługuje fakt, że najwyższe stężenia Fe, Cr, Ni, Mn i Pb zaobserwowano w próbce pobranej z środkowej części akwenu. W pozostałych próbkach ich zawartość była znacznie niższa. Obecnie nie jest możliwe jednoznaczne wskazanie przyczyn tego stanu, dlatego konieczne są dalsze badania stanu ekologicznego osadów dennych zbiornika.

- Zgodnie z klasyfikacją LAWA, zawartość jonów badanych metali ciężkich w osadach dennych zbiornika nie przekraczała wartości dopuszczalnych.
- Stężenia jonów metali ciężkich w wodach zbiornika Kaniów nie przekraczają wartości maksymalnych, którym odpowiada woda przeznaczona do spożycia, zgodnie z RMZ z dnia 27 marca 2007 r.

Podziękowania

Praca została wykonana jako część projektu badawczego nr N N305 299040 finansowanego poprzez Narodowe Centrum Nauki umowa nr 2990/B/P01/2011/40.

Literatura

- [1] Dąbkowski SL, Skibiński J, Żbikowski A. Hydrauliczne podstawy projektów wodno-melioracyjnych. Warszawa: PWRiL; 1982.
- [2] Bąk L, Dąbkowski SL. Sediment spatial distribution in the Suchedniów reservoir. *J Water Land Dev.* 2013;19:13-22.
- [3] Baran A, Jasiewicz C, Tarnawski M. Wpływ osadów dennych pobranych ze zbiornika Besko na plon i zawartość makroelementów w biomase kukurydzy. *Proc ECOpole.* 2013;7(1):193-198. DOI: 10.2429/proc.2013.7(1)025.
- [4] Barbusiński K, Nocoń W. Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy. *Ochr Środow.* 2011;33(1):13-17.
- [5] Jancewicz A, Dmitruk U, Sośnicki Ł, Tomczuk U, Bartzak A. Wpływ zagospodarowania zlewni na jakość osadów dennych w wybranych zbiornikach zaporowych. *Ochr Środow.* 2012;34(4):29-34.
- [6] Bąk Ł, Górski J, Rabajczyk A, Szwed M. Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych zbiornika Suchedniów. *Proc ECOpole.* 2013;7(1):287-294. DOI: 10.2429/proc.2013.7(1)039.
- [7] Jaguś A, Rzętała MA, Rzętała M. Ocena zanieczyszczenia osadów w zbiornikach wodnych w aspekcie użytkowania gruntów. *Proc ECOpole.* 2013;7(1):349-356. DOI: 10.2429/proc.2013.7(1)047.
- [8] Tekin-Özan S. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beşşehir Lake (Turkey). *Environ Monit Assess.* 2008;145:295-302. DOI: 10.1007/s10661-007-0038-1.
- [9] Maitera ON, Barminas JT, Magili ST. Determination of heavy metal levels in water and sediments of River Gongola in Adamawa State, Nigeria. *JETEAS.* 2011;2(5):891-896.
- [10] Katip A, Karaer F, Başkaya HS, Ileri S, Sarmaşık S. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals and trace elements in sediments of Lake Uluabat. *Environ Monit Assess.* 2012;184(9):5399-413. DOI: 10.1007/s10661-011-2348-4.
- [11] Bąk Ł, Górski J, Górski K, Szelaąg B. Zawartość zawiesin i metali ciężkich w wybranych falach ścieków deszczowych w zlewni miejskiej. *Ochr Środow.* 2012;34(2):49-52.
- [12] Górski K, Sikorski M. Występowanie metali ciężkich w ściekach deszczowych na przykładzie zlewni miejskiej w Kielcach. *Proc ECOpole.* 2013;7(1):333-342. DOI: 10.2429/proc.2013.7(1)045.
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU Nr 165, poz. 1359).
- [14] Nocoń W, Barbusiński K, Nocoń K, Kernert J. Analiza zmian ładunku metali śladowych transportowanych wraz z zawiesinami wzdłuż biegu rzeki. *Ochr Środow.* 2013;35(1):33-38.
- [15] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (DzU Nr 61, poz. 417).

HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL WATER RESERVOIR AT KANIOW

Faculty of Environmental Engineering, Geomatics and Power Engineering, Kielce University of Technology

Abstract: The paper presents the results of investigations on concentrations of ions of selected heavy metals (Fe, Cr, Zn, Ni, Mn, Cu, Pb, Cd, Hg) in sediments and water in a small dammed reservoir located in Kaniow (the Swietokrzyskie Province, Poland) on the stream flowing from Borowa Gora (Borowa Mount). The sediments and water were collected from the upper, middle, and lower part of the reservoir. The samples were collected twice, first in July 2012, and then in March 2013. The content of trace elements in water did not exceed: $801 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Fe), $0.064 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Cr), $13.50 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Zn), $0.106 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Ni), $285 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Mn), $2.35 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Cu), $6.98 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Pb), and $3.35 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Cd). As regards bottom sediments, the maximum recorded concentrations of heavy metals were: $872 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Fe), $15.19 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cr), $26.26 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Zn), $16.26 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Ni), $750 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mn), $3.58 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cu), $82.56 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Pb), $0.73 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cd), and $0.0031 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Hg). An attempt to determine the mathematical relationship between the content of organic matter in sediments and heavy metals was made and the possibility of agricultural utilization of sediments after removal from the bottom was determined.

Keywords: heavy metal, bottom sediment, water reservoirs

