

Stanisław PIOTROWSKI

Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu

71-412 Szczecin, ul. Felczaka 3a

WPŁYW TOKSYCZNOŚCI METALI CIĘŻKICH W OSADACH DENNYCH ESTUARIUM ODRY I WYBRANYCH JEZIOR POMORZA ZACHODNIEGO NA ORGANIZMY BENTONICZNE

Streszczenie. 63,4% obszaru ujścia Odry (osadów dennych) to rejon o wysokim stopniu toksyczności metali ciężkich (Cu, Zn, Pb, Cd i Hg) wpływającej na organizmy bentoniczne. 23,3% obszaru odznacza się średnią toksycznością, a 13,3% wykazuje toksyczność niską. Osady Jezior: Kielbiczne, Wełtyńskie, Binowo i Miedwie odznaczają się niskim poziomem toksyczności metali, natomiast osady Jeziora Ostrów wykazują średni poziom toksyczności osadów.

HEAVY METAL TOXICITY TO BENTHIC ORGANISMS IN BOTTOM SEDIMENTS OF RIVER ODRA ESTUARY AND SELECTED WESTERN POMERANIAN LAKES

Summary. Bottom sediments in as much as 63.4% of the River Odra mouth area are characterized by high toxicity of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd i Hg) to benthic organisms; in 23.3% of the area the toxicity level is intermediate, low toxicity being demonstrated for 13.3% of the area. Sediments of the lakes Kielbiczne, Wełtyńskie, Binowo, and Miedwie show low metal toxicity, whereas toxicity of the Lake Ostrów sediments to benthic organisms is intermediate.

1. Wstęp

Jednym z efektów rozwoju cywilizacyjnego jest obserwowana w estuariach wielu rzek świata wysoka, a przez to niebezpieczna dla organizmów bytujących w tych środowiskach, w tym również dla człowieka, koncentracja substancji toksycznych, głównie metali ciężkich, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), polichlorowanych bifenyli (PCB) i pestycydów chloroorganicznych (OCP) [m.in. 13, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27]. W konsekwencji zaistniałej sytuacji podejmuje się szeroko zakrojone badania kompleksowej oceny środowisk wodnych oparte na triadzie: **chemizm – toksyczność – fauna** [5]. Od wielu lat procedura badawcza oceny jakości środowisk wodnych skierowana jest na kompleksowe badania geochemiczne osadów dennych ze szczególnym uwzględnieniem stopnia wpływu ich toksyczności na organizmy bentoniczne, ponieważ to osady odpowiadają za czystość tych środowisk [2, 3, 7-11].

2. Obszar badań

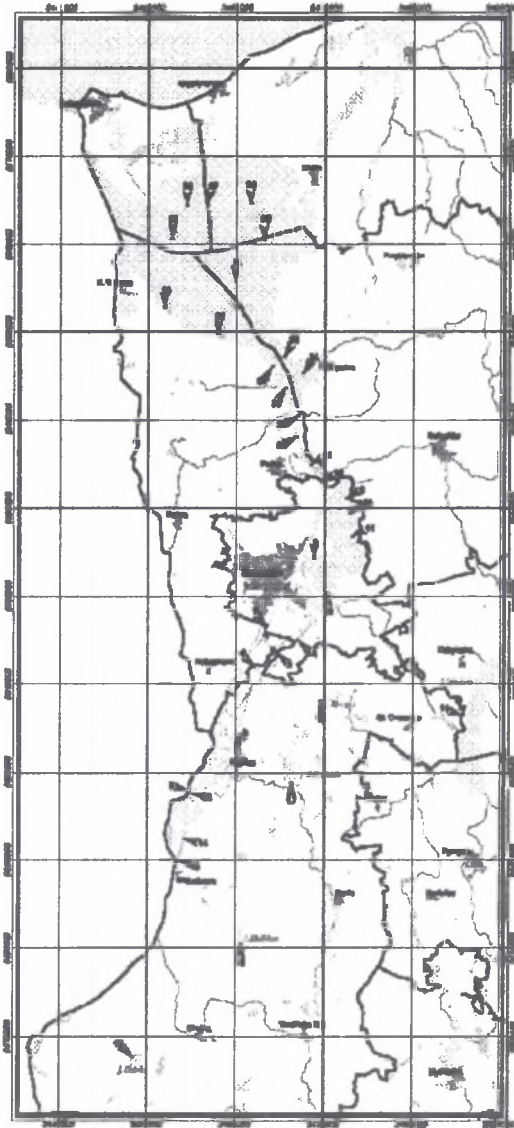
W Widuchowej Odra rozgałęzia się na Odrę Wschodnią (Regalicę) i Odrę Zachodnią, pomiędzy którymi, aż po Szczecin, rozciąga się obszar badań. Po minięciu Międzyodrza Odra Wschodnia wpływa do jeziora Dąbie, po przepłynięciu którego ponownie łączy się z Odrą Zachodnią i dalej, już jako Domiąża, wpływa do Roztoki Odrzańskiej i Zalewu Szczecińskiego [24]. Jezioro Dąbie jest naturalnym kolektorem ściekowym dla zanieczyszczeń niesionych przez Odrę Wschodnią [20]. Z kolei dla wód Odry Zachodniej naturalnym obszarem akumulacji niesionego przez tą rzekę materiału jest Domiąża, Roztoka Odrzańska i południowa część Zalewu Szczecińskiego. Roztoka Odrzańska stanowi ujściowy lądowy odcinek Odry i jest to obszar mieszania się wód słodkich i słonawych. Jej północną granicę wyznacza wyspa Chełminek, po minięciu której Odra wpływa do Zalewu Szczecińskiego [1]. Poprzez trzy cieśniny łączące Morze Bałtyckie z Zalewem Szczecińskim wody Odry wpływają do Bałtyku [1]. Naturalny układ hydrologiczny tego obszaru został mocno zmieniony (począwszy od drugiej połowy XIX wieku) w wyniku szeroko zakrojonych prac w porcie szczecińskim i budową toru wodnego Szczecin-Świnoujście. W związku z tym głębokości Odry Zachodniej poniżej Szczecina są stale utrzymywane na poziomie 10-12 metrów [24].

3. Materiał i metoda

Badania terenowe wykonano we wrześniu 1999 roku. W ciągu 2 dni pobrano próbki wody i osadów dennych z obszaru estuarium Odry, trzeciego dnia pobrano próbki z pięciu jezior – jezioro Ostrów, jezioro Kielbiczne, jezioro Wełtyńskie, jezioro Binowo i jezioro Miedwie. W obszarze estuarium Odry pobrano łącznie 30 próbek, z czego na obszar Międzyodrza przypada 9 próbek, na obszar Jeziora Dąbie – 5 próbek, na obszar Domiąży – 4 próbki, na obszar Roztoki Odrzańskiej – 4 próbki i na obszar Zalewu Szczecińskiego – 8 próbek. W każdym z badanych jezior pobrano po jednej próbce osadów dennych i wody powierzchniowej (rys. 1). W przypadku jezior próbki pochodziły ze strefy przybrzegowej, natomiast w obszarze estuarium Odry próbki pobierano z głębszych partii akwenów, a stanowiska wytyczono tak, by w miarę pełny obrazowały zmianę koncentracji metali ciężkich w badanym rejonie.

Osady denne pobierano czerpaczem typu Van Veen, który umożliwiał pobranie próbek z powierzchni 25,5 x 25,5 cm i miąższości do 15 cm. Na każdym stanowisku pobierano trzy próbki osadów, które homogenizowano i z całej tej masy pobierano próbkę osadów reprezentatywną dla danego stanowiska. W warunkach laboratoryjnych wydzielano frakcję <0,20 mm osadów dennych przeznaczoną do badań geochemicznych. Dla frakcji poniżej 0,20 mm dokonano oznaczeń zawartości węgla organicznego (%) oraz metali ciężkich (ppm): Cu, Zn, Pb, Co, Cd i Hg. Stężenia Cu, Zn, Pb, Co i Cd określono techniką ICP-AES na spektrometrze plazmowym produkcji Varian, natomiast rtęć oznaczono za pomocą generatora wodorków (metoda zimnych par) – CV-AAS.

Poziom ER-L definiowany jest jako średnia geometryczna stężenia danego zanieczyszczenia, przy której obserwuje się jego efekty toksyczne u co najwyżej 15% badanych organizmów. Z kolei poziom ER-M wyraża takie stężenia danego zanieczyszczenia, przy którym obserwujemy efekty toksyczne u co najmniej 50% badanych organizmów [sensu Long et al., 1995 *vide* 2-12]. Estuaria z wysokim stopniem zanieczyszczenia osadów definiowane są z reguły przez obecność w nadmiarze trzech lub więcej zanieczyszczeń przekraczających poziom ER-L, albo też jedno lub więcej zanieczyszczeń o stężeniach wyższych od wartości poziomu ER-M [*vide* 14].



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych w 1999 roku – objaśnienia w tekście

Fig. 1. Location of sites sampled in 1999; see text for explanations

4. Wyniki badań

Zn - w obszarze ujścia Odry najbardziej niekorzystna sytuacja pod kątem wpływu toksyczności metali ciężkich na organizmy bentoniczne panuje w przypadku Zn (tab. 1). 63,3% powierzchni tego obszaru wykazuje przekroczenia poziomu ER-M (toksyczność wysoka), a więc takich koncentracji cynku, powyżej których powinniśmy zaobserwować skutki subletalne u 50% organizmów bentonicznych [2-4]. 20% obszaru estuarium Odry odznacza się poziomem średniej toksyczności, a tylko 16,7% akwenu to rejony o niskim poziomie toksyczności, nie przekraczającym poziomu ER-L, przy którym mogą wystąpić subletalne skutki u 10% organizmów bentonicznych [2-4] (rys. 2).

Tabela 1

Parametry statystyczne rozkładów koncentracji badanych metali ciężkich (ppm) w osadach dennych, frakcja <0,20 mm;

n – liczba próbek; X – średnia arytmetyczna; SD – standardowe odchylenie; CV – współczynnik zmienności; Min – wartość minimalna; Max – wartość maksymalna

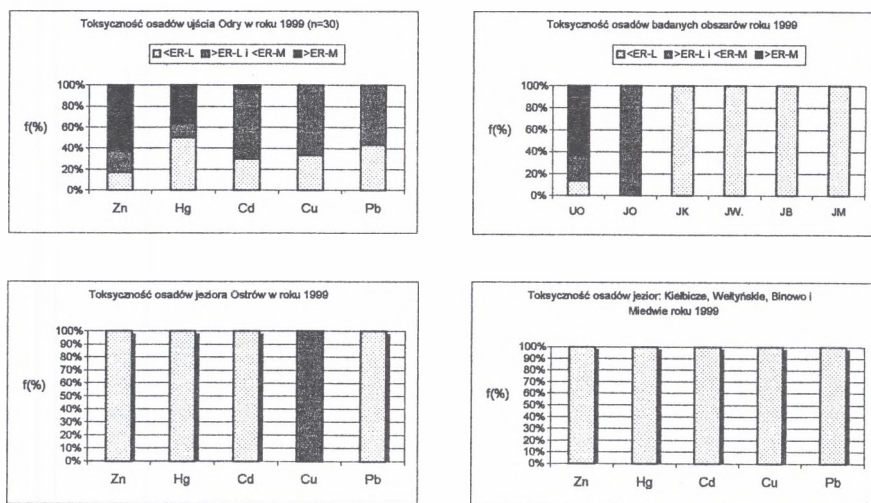
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd	Hg
Cały obszar badań (n=35)						
X	59,626	597,819	55,849	3,638	2,803	0,490
SD	42,059	555,649	43,235	3,906	2,770	0,643
CV	70,5	92,9	77,4	107,4	98,8	131,2
Min	4,569	8,741	3,853	0,11	0,031	0,007
Max	144,7	1984,134	155,964	11,104	9,89	2,07
Jeziora: Ostrów, Kielbice, Weltyńskie, Binowo, Miedwie (n=5)						
X	19,299	42,081	6,239	0,658	0,098	0,056
SD	21,401	27,656	2,606	0,177	0,070	0,046
CV	110,9	65,7	41,8	26,9	70,9	82,1
Min	4,569	8,741	3,853	0,432	0,048	0,007
Max	57,134	84,122	10,426	0,879	0,199	0,117
Międyzodrze (n=9)						
X	36,439	332,497	37,691	0,503	2,130	0,023
SD	25,231	343,125	30,410	0,435	1,902	0,0018
CV	69,2	103,2	80,7	86,4	89,3	7,9
Min	13,588	58,921	8,448	0,110	0,595	0,021
Max	86,124	892,859	92,733	1,474	5,709	0,026
Jezioro Dąbie (n=5)						
X	98,230	1266,783	113,265	0,975	7,134	0,032
SD	42,508	680,606	48,484	0,276	3,426	0,005
CV	43,3	53,7	42,8	28,3	48,0	14,6
Min	25,012	236,229	35,232	0,485	1,178	0,026
Max	130,780	1984,134	155,964	1,146	9,890	0,037
Domiąża (n=4)						
X	120,125	913,868	96,004	9,561	4,877	1,708
SD	18,127	137,562	12,234	0,972	1,077	0,273
CV	15,1	15,5	12,7	10,2	22,1	16,0
Min	106,2	755,83	83,501	8,478	3,906	1,43
Max	144,7	1087,38	109,42	10,629	6,414	2,07
Rozтока Odrzańska (n=4)						
X	86,88	794,255	82,043	8,631	3,810	1,338
SD	8,827	39,393	5,398	0,980	0,222	0,191
CV	10,2	5,0	6,6	11,4	5,8	14,3
Min	74,87	756,53	76,661	7,577	3,631	1,15
Max	94,94	841,18	89,116	9,925	4,134	1,59
Zalew Szczeciński (n=8)						
X	44,383	363,537	38,295	5,276	1,181	0,537
SD	26,278	270,282	22,917	3,366	0,795	0,375
CV	59,2	74,3	59,8	63,8	67,3	69,9
Min	5,296	21,687	4,507	0,594	0,031	0,012
Max	74,769	898,68	76,936	11,104	2,394	1,07

Hg – 36,7% powierzchni ujścia Odry to rejon o wysokiej toksyczności rtęci. 13,3% obszaru wykazuje toksyczność średnią, a 50% akwenu to obszary charakteryzujące się niskim poziomem toksyczności.

Cd – tylko 3,3% estuarium Odry wykazuje wysoką toksyczność kadmu. 66,7% tego obszaru odznacza się średnimi koncentracjami toksyczności Cd, a 30% powierzchni to obszary o niskiej toksyczności.

Cu i Pb – dla obu tych metali nie stwierdza się w estuarium Odry obszarów wysokiej toksyczności. Większa część badanego obszaru to rejon o toksyczności średniej, odpowiednio 66,7 i 56,7%. Z kolei rejon o niskiej toksyczności zajmują odpowiednio 33,3 i 43,3% powierzchni ujścia Odry.

W badanych jeziorach wszystkie metale, z wyjątkiem Cu w jeziorze Ostrów, odznaczają się koncentracjami poniżej poziomu ER-L, czyli toksycznościami niskimi. Tylko Cu w jeziorze Ostrów osiąga wartość wskazującą na toksyczność średnią.



Rys. 2. Toksyczność osadów ujścia Odry i wybranych jezior Pomorza Zachodniego w roku 1999: <ER-L – toksyczność niska; >ER-L i <ER-M – toksyczność średnia; >ER-M – toksyczność wysoka. UO - ujście Odry; JO - Jezioro Ostrów; JK - Jezioro Kielbice; JW. - Jezioro Wełtyńskie; JB - Jezioro Binowo; JM - Jezioro Miedwie

Fig. 2. Toxicity of bottom sediments in the River Odra mouth area and selected Western Pomeranian lakes in 1999: <ER-L, low toxicity; >ER-L and <ER-M, intermediate toxicity; >ER-M, high toxicity. UO, Odra mouth; JO, Lake Ostrów; JK, Lake Kielbice; JW., Lake Wełtyńskie; JB, Lake Binowo; JM, Lake Miedwie

Biorąc pod uwagę wszystkie badane metale można stwierdzić, że 63,4% obszaru ujścia Odry to rejon o wysokim stopniu wpływu toksyczności metali ciężkich na organizmy bentoniczne. 23,3% obszaru odznacza się średnią toksycznością, a 13,3% wykazuje toksyczność niską. Badane jeziora, z wyjątkiem jeziora Ostrów, które wykazuje średnią toksyczność osadów, odznaczają się niskim poziomem toksyczności metali.

Przedstawione dane wyraźnie wskazują na potrzebę stałego monitoringu zanieczyszczeń osadów estuarium Odry, zwłaszcza w kontekście potencjalnej bioprzyswajalności różnych substancji toksycznych przez bytujące w tym środowisku organizmy a zwłaszcza przez mięczaki i ryby. Przedstawione sugestie odnośnie do odmienności akumulacji metali ciężkich w estuarium Odry powinny być ponownie

przeanalizowane z uwzględnieniem pełnego spektrum analiz geochemicznych, w tym zróżnicowania takich parametrów, jak pH, Eh, twardość ogólna wody i formy występowania metali. Estuaria są istotnymi obszarami, jeżeli chodzi o produkcję detrytus i zdolności podtrzymania życia, zwłaszcza w pierwszym okresie, wielu ważnych organizmów, a szczególnie ryb i mięczaków [14, 15]. Dla wielu obszarów przybrzeżnych i estuariowych istotne jest śledzenie wędrowki metali ciężkich, WWA i związków chloroorganicznych w łańcuchu troficznym, zwłaszcza w kontekście spożycia przez człowieka różnych produktów (głównie ryb i mięczaków) pochodzących z tego typu zanieczyszczonych środowisk. Wykazano istotną zależność pomiędzy stężeniami wspomnianych związków w rybach i mięczakach a poziomem zanieczyszczeń w środowisku wodnym [17, 18, 25].

Badania wykonano ze środków KBN nr 6 PO4F 049 17 oraz w ramach badań własnych Uniwersytetu Szczecińskiego nr 504-231001-707.

LITERATURA

1. Buchholz W.: Hydrografia i hydrologia dolnej Odry. Hydrography and hydrology of the Lower Odra. [in] Stan środowiska miasta i rejonu Szczecina (ed. J. Jasnowska). STN Szczecin 1993, s. 45-48.
2. EPA: Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with estuarine and marine amphipods. Office of Research and Development. EPA 600/R-94/025, 1994.
3. EPA: The incidence and severity of sediment contamination in surface waters of the United States, Volume 1: national sediment quality survey. Office of Science and Technology. EPA 823-R-97-006. September 1997.
4. EPA: Sediment Quality of the NY/NJ Harbor System. EPA/902-R-98-001, 1998.
5. EPA: Contaminated Sediments New. EPA-823-N-00-002, 2000.
6. EPA: Technical basis for the derivation of equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms. Office of Science and Technology and Office of Research and Development, 2000.
7. EPA: Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: Metal mixtures (cadmium, copper, lead, nickel, silver, and zinc). Office of Science and Technology and Office of Research and Development, 2000.
8. EPA: Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: dieldrin. Office of Science and Technology and Office of Research and Development, 2000.
9. EPA: Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: endrin. Office of Science and Technology and Office of Research and Development, 2000.
10. EPA: Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: PAH mixtures. Office of Science and Technology and Office of Research and Development, 2000.
11. EPA: Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: Nonionics compendium. Office of Science and Technology and Office of Research and Development, 2000.
12. EPA: Implementation framework for the use of equilibrium partitioning sediment guidelines. Office of Science and Technology, 2000.
13. Fox W.M., Connor L., Copplestone D., Johnson M.S. & Leah R.T.: The organochlorine contamination history of the Mersey estuary, UK, revealed by analysis of sediment cores from salt marshes. *Marine Environmental Research*, 51: 213-227, 2001.

14. Fulton M.H., Moore D.W., Wirth E.F., Chandler G.T., Key P.B., Daugomah J.W., Strozier E.D., Devane J., Clark J.R., Lewis M.A., Finley D.B., Ellenberg W., Karnaky K.J. & Scott G.I.: Assessment of risk reduction strategies for the management of agricultural nonpoint source pesticide runoff in estuarine ecosystems. *Toxicology and Industrial Health*, 15: 201-214, 1999.
15. Hyland J.L., Van Dolah R.F. & Snoots T.R.: Predicting Stress in Benthic Communities of Southeastern U.S. Estuaries in Relation to Chemical Contamination of Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(11): 2557-2564, 1999.
16. Loizeau V., Abarnou A., Cugier P., Jaouen-Madoulet A., Le Guellec A.M. & Menesguen A.: A Model of PCB Bioaccumulation in the Sea Bass Food Web from the Seine Estuary (Eastern English Channel). *Marine Pollution Bulletin*, 43(7-12): 242-255, 2001.
17. Klumpp D.W., Hong Huasheng, Humphrey C., Wang Xinhong & Codi S.: Toxic contaminants and their biological effects in coastal waters of Xiamen, China. I. Organic pollutants in mussel and fish tissues. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 752-760, 2002.
18. Klumpp D.W., Humphrey C., Hong Huasheng, & Feng Tao.: Toxic contaminants and their biological effects in coastal waters of Xiamen, China. II. Biomarkers and embryo malformation rates as indicators of pollution stress in fish. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 761-769, 2002.
19. Mai B.X., Fu J.M., Sheng G.Y., Kang Y.H., Lin Z., Zhang G., Min Y.S. & Zeng E.Y.: Chlorinated and polycyclic aromatic hydrocarbons in riverine and estuarine sediments from Pearl River Delta, China. *Environmental Pollution*, 117(3): 457-474, 2002.
20. Piotrowski S.: Zawartości metali ciężkich w wybranych elementach ekosystemu jeziora Dąbie (NW Polska). Content of heavy metals in selected elements of the Dąbie Lake ecosystem (NW Poland). *Przegląd Geologiczny*, 6: 619-621, 1997.
21. Piotrowski S.: Accumulation of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Co, Cd, Hg) in fresh water molluscs shells compared to their concentrations in water and bottom sediments using the example of Róztoka Odrzańska (The Odra River Estuary). in:] *III Conference on Trace Metals. Effects on Organisms and Environment*. Sopot: 39-41, 2000.
22. Piotrowski S.: Opinia w sprawie odkładania i składowania na polu refulacyjnym „Mańków” urobku z prac pogłębiarskich prowadzonych w latach 1998 i 1999 na torze wodnym Szczecin – Świnoujście. Szczecin 2000. [zleceniodawca: Urząd Gminy w Stepnicy].
23. Piotrowski S: Obecność polichlorowanych bifenyli (PCB) i pestycydów chloroorganicznych w osadach ujścia Odry. Presence of polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides in bottom sediments of the Odra River Estuary. *Przegląd Geologiczny*, 8, 2003 (w druku).
24. Piotrowski S. & Stolarczuk A.: Hydrografia i hydrologia jeziora Dąbie. Hydrography and Hydrology of the Dąbie Lake. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, No 272, *Marine Sciences*, No 6: 39-55, 1999.
25. Roots O.: Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in the Ecosystem of the Baltic Sea. *Chemosphere*, 31(9): 4085-4097, 1995.
26. Santschi P.H., Presley B. J., Wade T.L., Garcia-Romero B. & Baskaran M.: Historical contamination of PAHs, PCBs, and heavy metals in Mississippi River Delta, Galveston Bay and Tampa Bay sediment cores. *Marine Environmental Research* 52: 51-79, 2001.
27. Yuan D., Yang D., Wade T.L. & Qian Y.: Status of persistent organic pollutants in the sediment from several estuaries in China. *Environmental Pollution*, 114: 101-111, 2001.

Abstract

Bottom sediments in as much as 63.4% of the River Odra mouth area are characterized by high toxicity of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, and Hg) to benthic organisms. Intermediate toxicity was revealed in 23.3% of the area, 13.3% showing low toxicity. Toxicity level of sediments of the lakes Kielbicz, Wełtyńskie, Binowo, and Miedwie is low, intermediate toxicity being revealed in bottom sediments of Lake Ostrów. The data collected lend a strong support to the need of permanent monitoring of sediment pollution in the Odra estuary, particularly in the context of potential bioavailability of various toxic substances to organisms, particularly to molluscs and fish. The suggested specificity of heavy metals accumulation in the Odra estuary should be re-analyzed, using a full spectrum of geochemical assays, including those concerning differences in parameters such as pH, Eh, total water hardness, and metal species present.