

Słowa kluczowe: osady portowe, urobek, toksyczność, klasyfikacja

Lidia WOLSKA*, Krystyna MĘDRZYCKA*

OCENA EKOTOKSYCZNOŚCI PRÓBEK OSADÓW PORTOWYCH Z MORSKIEGO PORTU GDAŃSK I MORSKIEGO PORTU GDYNIA

W pracy przedstawiono wyniki badań ekotoksykologicznych (wobec bakterii *Vibrio fischeri* i małżoraczka *Heterocypris incongruens*) osadów z portu w Gdańsku i Gdyni. Osady uśrednione z rdzeni z obu portów można określić jako niestwarzające zagrożenia (poza dwiema próbkami z portu w Gdyni). Wybrane próbki pobierane z określonych głębokości wykazywały znacznie wyższą toksyczność wobec organizmów wskaźnikowych niż próbki uśredniane. Niska ocena ekotoksykologiczna próbek nie znajduje uzasadnienia w wynikach obowiązujący badań chemicznych. Uzyskane rezultaty potwierdzają wnioski formułowane w wielu pracach badawczych, o dużej przydatności biotestów do oceny zagrożeń wynikających z deponowania urobku w środowisku wodnym.

1. WSTĘP

Pogłębianie akwenów wodnych jest powszechnie stosowanym zabiegiem pozwalającym utrzymać we właściwym stanie tory wodne i baseny portowe, tak by mogły spełniać swoje funkcje gospodarcze i ekonomiczne. Użytkowanie gospodarcze wód jest niestety związane z ich zanieczyszczeniem, a poprzez nie, zanieczyszczeniem osadów. Struktura osadów sprawia, że stanowią one naturalny geosorbent, w którym akumulują się zanieczyszczenia wprowadzane do środowiska wodnego.

Wydobyty, w trakcie pogłębiania akwenów wodnych, urobek stanowi, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska [1] odpad (o kodzie 17 05), który z momentem wydobycia podlega określonym procedurom. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki [2] urobek może być składowany nie selektywnie jako odpad. Jednak przed jego deponowaniem w środowisku należy określić, czy nie zawiera on substancji niebezpiecznych. Osad uznaje się za zanieczyszczony gdy jeden z parametrów chemicznych przekracza wartość dopuszczalną wskazaną w odpowiednim rozporządzeniu Ministra Środowiska [3].

Urobek zanieczyszczony jest traktowany jako odpad niebezpieczny (kod 17 05 05*) i podlega odpowiednim procedurom postępowania z odpadami niebezpiecznymi.

* Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, lidia@chem.pg.gda.pl

Jeżeli urobek z pogłębienia nie zawiera wymienionych w rozporządzeniu zanieczyszczeń (kod 17 05 06) może być składowany w środowisku. Najczęściej urobek składa się w środowisku wodnym w miejscach do tego wyznaczonych (tzw. kłapowiska).

Czy opisana powyżej procedura w pełni zabezpiecza środowisko wodne przed negatywnymi skutkami składowania w nim urobku? Wydaje się, że nie. Monitorowanie substancji niebezpiecznych w urobku, ograniczone do metali ciężkich (As, Cr, Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg), WWA i PCB, nie wyczerpuje wszystkich występujących w osadach związków toksycznych (choćby obecność TBT) i ich współdziałania. Deponowanie w środowisku wodnym urobku z pogłębienia torów wodnych i basenów portowych może przynosić negatywne skutki i zakłócać naturalnie występującą równowagę w ekosystemach wodnych.

Użytecznym narzędziem, którego zastosowanie umożliwi pełniejszą ocenę zagrożeń wynikających z obecności substancji toksycznych w osadach, ich biodostępności i współdziałania, są biotesty. Wielu autorów wskazuje na brak korelacji pomiędzy poziomem stężenia substancji niebezpiecznych w badanych próbkach osadów i ich toksycznością wobec organizmów wskaźnikowych [4–7].

Biorąc pod uwagę, że biotesty pozwalają uzyskać kompleksową odpowiedź na skomplikowaną mieszaninę biodostępnych zanieczyszczeń, obserwowany brak korelacji stosunkowo łatwo uzasadnić. Dzięki swojej specyfice badania ekotoksykologiczne stanowią dobre uzupełnienie badań chemicznych w procedurach oceny jakości osadów i zagrożeń wynikających z obecności w nich substancji niebezpiecznych.

W niektórych krajach biotesty są rutynowo wykorzystywane do klasyfikacji urobki i zarządzania [8].

1. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

1.1. MATERIAŁ BADAWCZY

Badaniom ekotoksykologicznym poddane zostały próbki pobrane z basenów portowych w Gdańsku i Gdyni. Do badań pobierano próbki z rdzeni, które następnie uśredniano. W kilku wybranych punktach analizowano próbki pochodzące z różnych głębokości (tab. 2).

1.2. BADANIA EKOTOKSYKOLOGICZNE

Toksyczność ostrą próbek osadów (ekstraktów wodnych) badano wobec bakterii *Vibrio fischeri* z zastosowaniem urządzenia M 500 Analyzer, zgodnie z procedurą PN-ISO 11348-2:2002 [9]. Ekstrakt wodny przygotowywano zalewając 1 objętość osadu (osad również ważono) 4 objętościami wody destylowanej i wytrząsając mechanicznie (na wytrząsarce) przez 24 godziny.

Do oznaczania toksyczności chronicznej próbek osadów wobec skorupiaka *Heterocypris incongruens* zastosowano test bezpośredniego kontaktu Ostracodtoxkit F (MicroBioTests Inc., Nazareth, Belgium), który był wykonywany zgodnie z procedurą opracowaną przez producenta [10].

1.3. BADANIA CHEMICZNE

Badania chemiczne w zakresie parametrów wymienionych w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [3] zostały wykonane w Zakładzie Ochrony Środowiska Instytutu Morskiego w Gdańsku, w ramach projektu badawczego KBN [11].

2. OMÓWIENIE WYNIKÓW

2.1. EKOTOKSYCZNOŚĆ OSADÓW

Ekotoksyczność próbek osadów z portu w Gdyni

Niemal wszystkie ekstrakty wodne z osadów dennych (próbki rdzeniowe uśrednione) wywoływały mniejszy niż 50% spadek luminescencji w teście wobec bakterii *Vibrio fischeri*, większość z nich nie wywoływała efektu toksycznego (PE < 20%; PE - percentage effect). Wyjątkiem były próbka nr 1 (PE = 57%), pobrana z Nabrzeża Śląskiego i próbka nr 16 (PE = 69%), pobrana z Nabrzeża Polskiego.

W teście bezpośredniego kontaktu, wobec małżoraczka *Heterocypris incongruens*, próbki 16 i 17 (Nabrzeże Polskie) oraz próbka nr 19 (Nabrzeże Stanów Zjednoczonych) wywoływały 100 % efekt śmiertelności organizmów wskaźnikowych

Próbki nieuśrednione, pochodzące z różnych głębokości (pobrane w kilku miejscach z terenu Nabrzeża Polskiego i Nabrzeża Stanów Zjednoczonych) wykazywały wobec bakterii *Vibrio fischeri* nieco wyższą toksyczność. W przypadku niemal wszystkich próbek obserwowano efekt obniżenia bioluminescencji u bakterii *Vibrio fischeri*, jednak w żadnym przypadku efekt ten nie był wyższy niż 50%.

Niemal wszystkie próbki nie uśrednione powodowały wysoką (często 100%) śmiertelność małżoraczka w teście bezpośredniego kontaktu. Nietoksyczna okazała się jedynie próbka pobrana w pkt. 19 z głębokości 2,5 m. Nie zaobserwowano zależności pomiędzy toksycznością próbki wobec badanych organizmów wskaźnikowych a głębokością, z której próbkę pobrano.

Ekotoksyczność próbek osadów z portu w Gdańsku

Badane próbki uśrednione (ekstrakty wodne), pobrane z terenu portu w Gdańsku, wykazywały bardzo zbliżony efekt toksyczności wobec bakterii *Vibrio fischeri*, na poziomie 41%–57%. W teście bezpośredniego kontaktu (wobec skorupiaka *Heterocypris incongruens*) nie obserwowano efektu toksyczności.

Próbki nieuśrednione, pobrane z różnych głębokości wykazywały niższą toksyczność (PE < 40%) wobec bakterii *Vibrio fischeri* niż próbki uśrednione. Odmienny efekt obserwowano w teście bezpośredniego kontaktu, wobec skorupiaka *Heterocipris incongruens*. Poza próbką nr 51 (z trzech głębokości) pozostałe próbki były toksyczne dla organizmu wskaźnikowego.

2.2. KLASYFIKACJA EKOTOKSYKOLOGICZNA

W Niemczech rozwijany jest system ekotoksykologicznej klasyfikacji osadów (tab.1) oparty o wyznaczenie wartości pT (ujemny logarytm binarny ze współczynnika rozcieńczenia próbki, dla którego nie jest obserwowany efekt toksyczności (No Observed Effect Concentration – NOEC), inaczej: pT mówi nam ile razy należy rozcieńczyć próbkę w stosunku 1:2, by osiągnęła stan braku efektu toksyczności [12]. W tabeli 2 przedstawiono wyniki oceny ekotoksykologicznej próbek osadów według klas toksyczności opartych o parametr pT oraz klasyfikację osadów pod kątem zarządzania.

Wśród próbek uśrednionych próbki 16 i 17 można zaliczyć do stwarzających zagrożenie zaś próbkę 22 do będących na granicy zagrożenia. Zdecydowanie gorzej wypada ocena próbek nieuśrednionych (tab. 1). Niektóre z tych próbek wykazywały znaczną toksyczność przede wszystkim wobec małżoraczka *Heterocipris incongruens*. Ten organizm okazał się być bardziej wrażliwy na kompozycję zanieczyszczeń zawartą w badanych próbkach. Spośród wszystkich przebadanych próbek 25% jest ocenionych jako stwarzające zagrożenie dla środowiska, 57% jako będących na granicy zagrożenia.

Odnotować należy fakt, że proces uśredniania próbki (patrz próbka 13) może w znaczący sposób wpłynąć na zmianę (obniżenie) toksyczności. Jednocześnie wyniki badań toksyczności próbek z różnej głębokości wskazują, że toksyczność nie wykazuje określonej tendencji zmiany (malejącej lub rosnącej) wraz z głębokością oraz że próbki mogą w sposób znaczący różnić się zawartością związków toksycznych (np. próbka 19 z 2 m i 2,5 m głębokości).

2.3. PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ CHEMICZNYCH I EKOTOKSYKOLOGICZNYCH

Obowiązujący w Polsce system prawny [3], określa rodzaje oraz stężenia substancji, które powodują, że urobek pochodzący z pogłębiania akwenów morskich w związku z utrzymaniem infrastruktury zapewniającej dostęp do portów, a także z pogłębiania zbiorników wodnych, stawów, cieków naturalnych, kanałów i rowów w związku z utrzymaniem i regulacją wód jest uznawany za zanieczyszczony. Ponadto, urobek jest zanieczyszczony, gdy stężenie co najmniej jednej z substancji osiągnęło wartość wyszczególnioną w rozporządzeniu. Zgodnie z tym rozporządzeniem klasyfikacja urobku opiera się na określeniu w próbkach zawartości takich zanieczyszczeń jak:

- metale ciężkie (As, Cr, Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg);
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (7 WWA: benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)terylen, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-c,d)piren)
- suma związków z grupy PCB: PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 i PCB180.

Badania chemiczne wykonane w ramach projektu [11] przez Zakład Ochrony Środowiska Instytutu Morskiego w Gdańsku wskazują, że wśród próbek uśrednionych najbardziej zanieczyszczona jest próbka nr 16. Stężenia związków z grupy WWA oraz suma wskaźnikowych związków z grupy PCB, przekraczają wartości dopuszczalne. Podwyższone zawartości metali ciężkich zaobserwowano także w próbkach nr 1, 5, 16, 17, 20 i 22.

Rezultaty badania toksyczności, klasyfikujące próbki nr 16, 17 jako stwarzające zagrożenie i próbkę 22 na granicy zagrożenia, dobrze więc korelują z wynikami analiz chemicznych. Jednak wysoka toksyczność pozostałych próbek nie uśrednionych (tab. 2) może wskazywać, że osady te mogą być zanieczyszczone związkami, które nie są wymienione w rozporządzeniu i wytypowane jako wskaźniki ich zanieczyszczenia.

Tab. 1. Klasyfikacja ekotoksykologiczna próbek osadów według skali pT [12]

Najwyższy poziom rozcieńczenia bez efektu toksyczności	Współczynnik rozcieńczenia	Wartość pT	Klasa toksyczności	Klasyfikacja osadów pod kątem zagospodarowania	
				Kod kolorów	Trzy-poziomowy system oceny
próbka nierozcieńczona	2^0	0	0	niebieski	<i>brak zagrożenia (unproblematic)</i>
1:2	2^1	1	I	zielony	
1:4	2^2	2	II	zielony	
1:8	2^3	3	III	żółty	<i>na granicy zagrożenia (critical)</i>
1:16	2^4	4	IV	żółty	
1:32	2^5	5	V	czerwony	<i>stwarzający zagrożenie (hazardous)</i>
$\leq (1:64)$	$\leq 2^6$	≥ 6	VI	czerwony	

Tab. 2. Klasyfikacja ekotoksykologiczna próbek osadów z portu w Gdyni i Gdańsku

próbki uśrednione																															
lokalizacja: Nahrzeże nr próbki		PORT w GDYNI																													
		Słupskie												Polskie												Stanów Zjednoczonych					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	50	51	52	53	54	
Klasa toksyczności:		1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	III	0	0	0	0	0	III	0	0	0	1	1	1	1	1
<i>Ulva foetida</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	V	V	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterosigma inconspicuum</i>		1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	V	V	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
klasyfikacja ekotoksykologiczna		1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	V	V	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

próbki nieuśrednione																																
lokalizacja: Nahrzeże: nr próbki		PORT w GDYNI																														
		Polskie												Stanów Zjednoczonych																		
		13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	50	51	52	53	54		
Klasa toksyczności:		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulva foetida</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterosigma inconspicuum</i>		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
klasyfikacja ekotoksykologiczna		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

3. WNIOSKI

Przeprowadzone badania ekotoksykologiczne osadów dennych, pobranych w porcie w Gdańsku i Gdyni, wskazują, że próbki uśrednione wykazują niską toksyczność wobec badanych organizmów wskaźnikowych, podczas gdy próbki pobrane z określonych głębokości wykazują znacznie wyższy efekt toksyczności w szczególności wobec małżoraczka *Heterocipris incongruens*. Porównanie wyników badań ekotoksykologicznych z wynikami badań chemicznych wskazuje, że tylko w nielicznych przypadkach wysoka toksyczność próbki może być uzasadniona przekroczeniem dopuszczalnych stężeń substancji monitoringowych, umożliwiających klasyfikację osadów jako urobek niezanieczyszczony.

Wydaje się, że również w polskim ustawodawstwie powinno być wskazanie do stosowania biotestów jako narzędzia oceny jakości urobku i jego klasyfikacji pod kątem możliwości deponowania w środowisku wodnym.

PODZIĘKOWANIA

Badania były wykonane w ramach projektu pt: Wymiana doświadczeń i ocena oddziaływania działalności w zakresie ochrony środowiska w portach europejskich”, finansowanego przez KBN jako część projektu ECOPORTS, realizowanego w ramach 5 Programu Ramowego Unii Europejskiej, Politechnika Gdańska, 2006.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z dnia 8 października 2001 r.)
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane w sposób nieselektywny (Dz.U. z dnia 18 listopada 2002 r.)
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz.U. z 2002 r. Nr 55, poz. 498).
- [4] Pedersen F., Bjørnstad E., Andersen H.V., Kjølholt J., Poll C. 1998. *Characterization of sediments from Copenhagen Harbour by use of biotests*. Wat. Sci. Tech. 37(6-7):233-240.
- [5] O'Connor T.P., Paula J.F. 2000. *Misfit Between Sediment Toxicity and Chemistry*. Mar. Poll. Bull. 40:59-64.
- [6] McCarthy, L.H., Thomas R.L., Mayfield C.I. 2004. *Assessing the toxicity of chemically fractionated Hamilton Harbour (Lake Ontario) sediment using selected aquatic organisms*. Lakes & Reservoirs: Res. Manag. 9:89-102.
- [7] Chapman P.M., Ho K.T., Munns Jr. W.R., Solomon K., Weinstein M.P. 2002. *Issues in sediment toxicity and ecological risk assessment*. Mar. Poll. Bull. 44:271-278.
- [8] Directives for the Management of Dredged Material from Waters within the Jurisdiction of the German Federal Waterways and Shipping Administration – HABAB-WSV 2000, HABAK-WSV 1999.
- [9] PN-EN ISO 11348-2:2002, Jakość wody. Oznaczanie inhibicyjnego działania próbek wody na emisję światła przez *Vibrio fischeri* (badanie na bakteriach luminescencyjnych). Część 2: Metoda z zastosowaniem wysuszonych bakterii, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

- [10] Standard operational procedure: *Ostracodtoxkit F. Chronic "direct contact" Toxicity Test for Freshwater Sediments*. MicroBioTests Inc. Nazareth, Belgium.
- [11] Raport (red. K. Mędrzycka), „Wymiana doświadczeń i ocena oddziaływania działalności w zakresie ochrony środowiska w portach europejskich”, projekt finansowany przez KBN jako część projektu ECOPORTS, realizowanego w ramach 5 Programu Ramowego Unii Europejskiej, Politechnika Gdańska, 2006.
- [12] Krebs F. 1988. *The pT-value as a classification index in aquatic toxicology*. GIT Edition Umweltanalytik-Umweltschutz 1:57–63.

ASSESSMENT OF ECOTOXICITY OF SEDIMENTS FROM SEA HARBOUR GDAŃSK AND SEA HARBOUR GDYNIA

Eco-toxicity tests were performed for core samples of sediments from sea ports in Gdynia and in Gdańsk. Luminescent Bacteria (*Vibrio fischeri*) and Crustacean (*Heterocypris incongruens*) acute toxicity tests were used. The obtained results show that the equalized core-samples of sediments generally do not reveal toxic effects (are assessed as unproblematic). However, the selected parts of the cores, taken from different depth, are much more toxic (in some cases assessed as critical and even hazardous) than the equalized samples. There was not found a direct correlation between eco-tests results and the results of chemical analysis of sediments. According to chemical assessment the investigated sediments were much below the limiting values for hazardous material. The eco-tests results show necessity of their application when environmental risk assessment of dredged material disposal is required.