

Lidia Wolska, Krystyna Mędrzycka

Ocena ekotoksyczności osadów dennych z portów morskich w Gdańsku i Gdyni

Użytkowanie gospodarze wód wiąże się z ich zanieczyszczeniem, czego skutkiem jest powstawanie osadów dennych. Struktura tych osadów sprawia, że stanowią one naturalny geosorbent, w którym akumulują się zanieczyszczenia wprowadzane do środowiska wodnego. Pogłębianie akwenów portowych jest powszechnie stosowanym zabiegiem pozwalającym utrzymać we właściwym stanie tory wodne i baseny portowe, aby mogły spełniać swoje funkcje gospodarcze i ekonomiczne. Urobek wydobyty w trakcie pogłębiania akwenów portowych – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska [1] – stanowi odpad (kod 17 05), który po wydobyciu na powierzchnię podlega określonym procedurom. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki [2] urobek ten może być składowany nieselektywnie jako odpad, jednak przed jego składowaniem w środowisku należy określić, czy nie zawiera on substancji niebezpiecznych. Osad uznaje się za zanieczyszczony, gdy jeden ze wskaźników chemicznych przekracza wartość dopuszczalną podaną w rozporządzeniu Ministra Środowiska [3]. Urobek zanieczyszczony jest traktowany jako odpad niebezpieczny (kod 17 05 05*) i podlega odpowiednim procedurom postępowania. Jeżeli urobek z pogłębiania akwenów portowych nie zawiera wymienionych w rozporządzeniu [3] zanieczyszczeń (kod 17 05 06), może być składowany w środowisku. Najczęściej osady portowe składa się w środowisku wodnym w miejscach do tego wyznaczonych (tzw. kłapowiska).

Wydaje się jednak, że opisana powyżej procedura nie zabezpiecza w pełni środowiska wodnego przed negatywnymi skutkami składowania w nim urobku z pogłębiania akwenów portowych. 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 portowych związków toksycznych (np. TBT) i ich współdziałania. Deponowanie w środowisku wodnym urobku z pogłębiania torów wodnych i basenów portowych może przynosić negatywne skutki i zakłócać naturalnie występującą

równowagę w ekosystemie wodnym. Użytecznym narzędziem, którego zastosowanie umożliwi pełniejszą ocenę zagrożeń wynikających z obecności substancji toksycznych w osadach dennych, ich biodostępności i współdziałania, są biotesty. Wielu autorów wskazuje na brak korelacji pomiędzy zawartością substancji niebezpiecznych w osadach 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 można stosunkowo łatwo uzasadnić. Dzięki swojej specyfice badania ekotoksykologiczne stanowią dobre uzupełnienie badań chemicznych w procedurach oceny jakości osadów dennych i zagrożeń wynikających z obecności w nich substancji niebezpiecznych [8].

Część doświadczalna

Badaniom ekotoksykologicznym poddano próbki osadów dennych pobrane z basenów portowych w Gdańsku i Gdyni. Do badań pobrano próbki z rdzeni, które następnie uśredniono. W kilku wybranych punktach analizowano próbki pochodzące z różnych głębokości.

Toksyczność ostrą próbek osadów (ekstraktów wodnych) badano wobec bakterii *Vibrio fischeri* z zastosowaniem urządzenia M 500 Analityzer, zgodnie z procedurą PN-ISO 11348-2:2002 [9]. Ekstrakt wodny przygotowano zalewając 1 objętość osadu (osad również zważono) 4 objętościami wody destylowanej i wytrząsając mechanicznie przez 24 h. Do oznaczenia toksyczności chronicznej próbek osadów wobec skorupiaka *Heterocypris incongruens* zastosowano test bezpośredniego kontaktu Ostracodtoxkit F (MicroBioTests Inc., Nazareth, Belgia), który był wykonany zgodnie z procedurą opracowaną przez producenta [10].

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

Tabela 1. Klasyfikacja ekotoksykologiczna osadów według wskaźnika pT [12]
 Table 1. Ecotoxicological classification of bottom sediments according to the pT indicator [12]

| Rozcieńczenie powodujące brak toksyczności próbki | Współczynnik rozcieńczenia | pT | Klasa toksyczności | Klasyfikacja osadu | |
|---|----------------------------|----|--------------------|--------------------|------------------------|
| | | | | kolor oznaczenia | stopień zagrożenia |
| 1:1 | 2 ⁰ | 0 | 0 | niebieski | brak zagrożenia |
| 1:2 | 2 ¹ | 1 | I | zielony | |
| 1:4 | 2 ² | 2 | II | zielony | |
| 1:8 | 2 ³ | 3 | III | żółty | na granicy zagrożenia |
| 1:16 | 2 ⁴ | 4 | IV | żółty | |
| 1:32 | 2 ⁵ | 5 | V | czerwony | stwarzający zagrożenie |
| ≤(1:64) | ≤2 ⁶ | ≥6 | VI | czerwony | |

Omówienie wyników badań

Ekotoksyczność osadów z portu w Gdyni

Niemal wszystkie ekstrakty wodne z osadów dennych (próbki rdzeniowe uśrednione) wywołały mniejszy niż 50% spadek luminescencji w teście wobec bakterii *Vibrio fischeri*, przy czym większość z nich nie spowodowała skutku toksycznego (percentage effect – PE<20%). 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 nr 16 i 17 (Nabrzeże Polskie) oraz nr 19 (Nabrzeże Stanów Zjednoczonych) spowodowały 100% śmiertelność organizmów wskaźnikowych.

Próbki nieuśrednione, pochodzące z różnych głębokości (pobrane w kilku miejscach z terenu Nabrzeża Polskiego i Nabrzeża Stanów Zjednoczonych), wykazały wobec bakterii *Vibrio fischeri* nieco większą toksyczność. W przypadku prawie wszystkich próbek zaobserwowano zmniejszenie bioluminescencji u bakterii *Vibrio fischeri*, jednak w żadnym przypadku nie przekroczyło ono 50%. Niemal wszystkie próbki nieuśrednione spowodowały dużą (często 100%) śmiertelność małżoraczka *Heterocypris incongruens* w teście kontaktu bezpośredniego. Nietoksyczna okazała się jedynie próbka nr 19 pobrana z głębokości 2,5 m. Nie zaobserwowano zależności pomiędzy toksycznością próbki osadów wobec badanych organizmów wskaźnikowych a głębokością, z której ją pobrano.

Ekotoksyczność osadów z portu w Gdańsku

Ekstrakty wodne z uśrednionych próbek osadów pobranych z terenu portu w Gdańsku wykazały bardzo zbliżoną toksyczność osadów wobec bakterii *Vibrio fischeri* (41÷57%), natomiast w teście kontaktu bezpośredniego wobec skorupiaka *Heterocypris incongruens* nie stwierdzono toksyczności.

Próbki nieuśrednione, pobrane z różnych głębokości, wykazały mniejszą toksyczność (PE<40%) wobec bakterii *Vibrio fischeri* niż próbki uśrednione. Odmiennie zjawisko zaobserwowano wobec skorupiaka *Heterocypris incongruens*. Poza próbką nr 51 (z trzech głębokości), pozostałe próbki osadów były toksyczne dla tego organizmu wskaźnikowego.

Klasyfikacja ekotoksykologiczna osadów

W Niemczech rozwijany jest system ekotoksykologicznej klasyfikacji osadów (tab. 1) polegający na wyznaczeniu wartości pT (ujemny logarytm binarny ze współczynnika rozcieńczenia próbki, przy którym nie występuje skutek toksyczny (NOEC – no observed effect concentration)), czyli wartość pT określa, ile razy należy rozcieńczyć próbkę w stosunku 1:2, aby osiągnęła stan braku toksyczności [12].

W tabeli 2 przedstawiono wyniki oceny ekotoksykologicznej próbek badanych osadów portowych według klas toksyczności opartych na parametrze pT.

Wśród próbek uśrednionych próbki nr 16 i 17 można zaliczyć do stwarzających zagrożenie, zaś próbkę nr 22 do będących na granicy zagrożenia. Zdecydowanie gorzej wypadła ocena próbek nieuśrednionych. Niektóre z tych próbek wykazały znaczną toksyczność, przede wszystkim wobec małżoraczka *Heterocypris incongruens*. Ten organizm okazał się bardziej wrażliwy na zanieczyszczenia zawarte w badanych osadach. Spośród wszystkich przebadanych próbek 25% oceniono jako stwarzające zagrożenie środowiska, zaś 57% jako będące na granicy zagrożenia.

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

Porównanie wyników badań chemicznych i ekotoksykologicznych osadów

Obowiązujące w Polsce rozporządzenie Ministra Środowiska [3] określa rodzaje oraz stężenia substancji, które powodują, że urobek pochodzący z pogłębiania akwenów portowych (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 ten jest zanieczyszczony, gdy stężenie co najmniej jednej z substancji

Tabela 2. Klasyfikacja ekotoksykologiczna osadów dennych z portów w Gdańsku i Gdyni
 Table 2. Ecotoxicological classification of the bottom sediments from the sea ports of Gdansk and Gdynia

| Lokalizacja | | Próbki uśrednione | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|---|-----|-----------------------|-----|-----|-------------------------------|-----|-----|-----|----|-----|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|--|----|
| | | port w Gdyni | | | | | | | | | | | | port w Gdańsku | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nabrzeże Śląskie | | | Nabrzeże Holenderskie | | | Nabrzeże Polskie | | | | | | Nabrzeże Stanów Zjednoczonych | | | | | | 50 | | | 51 | | | 52 | | | 53 | | | 54 |
| Nr próbki | | 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 wobec <i>Vibrio fischeri</i> | | I | 0 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | I | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | III | 0 | 0 | I | I | I | I | I | | |
| Klasa toksyczności wobec <i>Heterocapris incongruens</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | V | V | 0 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Klasyfikacja ekotoksykologiczna | | I | 0 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | I | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | V | V | 0 | I | 0 | 0 | III | 0 | 0 | I | I | I | I | I | | |
| | | Próbki nieuśrednione | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lokalizacja | | port w Gdyni | | | | | | | | | | | | port w Gdańsku | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nabrzeże Polskie | | | | | | Nabrzeże Stanów Zjednoczonych | | | | | | Nabrzeże Polskie | | | | | | Nabrzeże Stanów Zjednoczonych | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | 17 | | 19 | | 24 | | 50 | | 51 | | 52 | | 53 | | 54 | | | | | | | | | | | | | | |
| Nr próbki | | 0 | 1 | 1,7 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2,5 | 0 | 1 | 2 | 2,5 | 0 | 1 | 2 | 2,5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | | | |
| Głębokość, m | | 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 | | |
| Klasa toksyczności wobec <i>Vibrio fischeri</i> | | V | V | V | V | III | III | III | III | III | III | V | 0 | III | III | III | V | III | III | III | III | III | III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Klasa toksyczności wobec <i>Heterocapris incongruens</i> | | V | V | V | V | III | III | III | III | III | III | V | 0 | III | III | III | V | III | III | III | III | III | III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Klasyfikacja ekotoksykologiczna | | V | V | V | V | III | III | III | III | III | III | V | 0 | III | III | III | V | III | III | III | III | III | III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

osiągnęło wartość wyszczególnioną w tym rozporządzeniu. Zgodnie z nim, klasyfikacja urobku z pogłębiania akwenów opiera się na określeniu zawartości takich zanieczyszczeń, jak:

- metale ciężkie (As, Cr, Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg),
- związki z grupy WWA (benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)terylen, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen i 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] wykazały, że wśród uśrednionych próbek osadów najbardziej zanieczyszczona była próbka nr 16. Stężenia związków z grupy WWA oraz suma związków z grupy PCB przekroczyły wartości dopuszczalne. Podwyższone zawartości metali ciężkich zaobserwowano także w próbkach nr 1, 5, 16, 17, 20 i 22.

Wyniki badania toksyczności osadów dennych, klasyfikujące próbki nr 16, 17 jako stwarzające zagrożenie i próbkę nr 22 na granicy zagrożenia, dobrze korelują z wynikami analiz chemicznych. Jednak znaczna toksyczność pozostałych próbek nieuśrednionych (tab. 2) może wskazywać, że osady te mogły być zanieczyszczone związkami, które nie są wymienione w rozporządzeniu [3] jako wskaźniki ich zanieczyszczenia.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania ekotoksykologiczne osadów dennych z portów w Gdańsku i Gdyni wykazały, że próbki uśrednione charakteryzowały się małą toksycznością wobec badanych organizmów wskaźnikowych, podczas gdy próbki pobrane z różnych głębokości wykazały znacznie większą toksyczność, w szczególności wobec małżoraczka *Heterocypris incongruens*. Porównanie wyników badań ekotoksykologicznych z wynikami badań chemicznych wskazuje, że tylko w nielicznych przypadkach duża toksyczność próbki może być uzasadniona przekroczeniem dopuszczalnych stężeń substancji wskaźnikowych, umożliwiającą klasyfikację osadów jako urobek niezanieczyszczony.

Wydaje się, że również w polskim prawodawstwie powinno być wskazanie do stosowania biotestów, jako narzędzia oceny jakości urobku z pogłębiania akwenów portowych i jego klasyfikacji pod względem możliwości deponowania w środowisku wodnym.

Badania wykonano w ramach projektu pt. „Wymiana doświadczeń i ocena oddziaływania działalności w zakresie ochrony środowiska w portach europejskich”, sfinansowanego przez KBN jako część projektu ECOPORTS, zrealizowanego w Politechnice Gdańskiej w ramach 5. Programu Ramowego Unii Europejskiej.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (DzU nr 112, poz. 1206).
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 30 października 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane w sposób nieselektywny (DzU nr 191, poz. 1595).
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55, poz. 498).
4. F. PEDERSEN, E. BJØRNESTAD, H.V. ANDERSEN, J. KJØHOLT, C. POLL: Characterization of sediments from Copenhagen Harbour by use of biotests. *Wat. Sci. Tech.* 1998, 37(6–7), pp. 233–240.
5. T.P. O'CONNOR, J.F. PAULA: Misfit between sediment toxicity and chemistry. *Mar. Poll. Bull.* 2000, 40, pp. 59–64.
6. L.H. MCCARTHY, R.L. THOMAS, C.I. MAYFIELD: Assessing the toxicity of chemically fractionated Hamilton Harbour (Lake Ontario) sediment using selected aquatic organisms. *Lakes & Reservoirs: Res. Manag.* 2004, 9, pp. 89–102.
7. P.M. CHAPMAN, K.T. HO, W.R. MUNNS JR., K. SOLOMON, M.P. WEINSTEIN: Issues in sediment toxicity and ecological risk assessment. *Mar. Poll. Bull.* 2002, 44, pp. 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.
10. Standard operational procedure: Ostracodtoxkit F. Chronic "direct contact" toxicity test for freshwater sediments. MicroBioTests Inc. Nazareth, Belgium.
11. K. MĘDRZYCKA [red.]: Wymiana doświadczeń i ocena oddziaływania działalności w zakresie ochrony środowiska w portach europejskich. Raport z projektu sfinansowanego przez KBN jako część projektu ECOPORTS, zrealizowanego w ramach 5. Programu Ramowego UE, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2006 (praca niepublikowana).
12. F. KREBS: The pT-value as a classification index in aquatic toxicology. *GIT Edition Umweltanalytik-Umweltschutz* 1988, 1, pp. 57–63.

Wolska, L., Mędrzycka, K. Assessing the Ecotoxicity of the Bottom Sediments from the Sea Ports of Gdansk and Gdynia. *Ochrona Środowiska* 2009, Vol. 31, No. 1, pp. 49–52.

Abstract: Bottom sediment samples collected at the sea ports of Gdansk and Gdynia upon dredging operations were tested for ecotoxicity, using bacteria of the species *Vibrio fischeri* and the crustacean *Heterocypris incongruens* as bioindicators. The results make it clear that, apart from two samples taken at the sea port of Gdynia, the equalized bottom sediments from both the sea ports can be classified as nonhazardous. However, some of the bottom sediment samples collected at different depth showed a substantially

higher toxicity towards the bioindicators used than did the equalized samples. Chemical analyses failed to fully confirm the negative ecotoxicity of the bottom sediments. The noticeably high toxicity of the nonequalized samples seems to suggest that the bottom sediments might have been contaminated with compounds which are not regarded as their bioindicators. The results obtained have substantiated the conclusions drawn by other researchers on the benefits from the use of biotests when assessing the hazards of dredged material disposal in the aquatic environment.

Keywords: Sea port, bottom sediments, dredging, ecotoxicity.