



Analiza ryzyka związanego z zatopieniem broni chemicznej w Bałtyku w okresie II Wojny Światowej (cz. II)

Małgorzata Kosmacz, Aleksander Astel*

Zatopiona broń chemiczna zalegająca w głębinach Morza Bałtyckiego stanowi potencjalne zagrożenie dla ekosystemu morskiego. Zjawisko powolnego uwalniania środków bojowych oraz ryzyko nagłego rozszczelnienia pocisków spowodowało, iż zasadnym jest dokonanie oceny ryzyka obniżenia bioróżnorodności jak również oddziaływania na ludzi, zarówno rybaków jak i turystów.

Konwencja Helsińska

Konwencja o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego, inaczej nazywana Konwencją Helsińską, którą podpisano 22 marca 1974 r., jest podstawowym aktem prawnym regulującym zagadnienia ochrony środowiska morskiego Bałtyku. Dotyczy ona obszaru Morza Bałtyckiego wraz z cieśniną Kattegat. Z obszaru terytorialnego obowiązywania Konwencji wyłączono morskie wody wewnętrzne oraz cieśninę Skagerrak [1]. Sygnatariuszami Konwencji były wszystkie ówczesne państwa nadbałtyckie zaś organem pełniącym rolę koordynatora działań była Komisja Helsińska [2]. Na mocy Konwencji w 1993 roku powołano specjalną grupę roboczą do spraw zatopionej amunicji chemicznej o akronimie HELCOM CHEMU. Jej zadaniem było zgromadzenie i opracowanie danych na temat broni chemicznej zatopionej w basenie Morza Bałtyckiego, dokonanie oceny stopnia zagroże-

nia dla środowiska morskiego, zdrowia i życia ludzi w związku z uwalniającymi się do jego wód bojowymi środkami trującymi oraz określenie potrzeby i kierunków przyszłych badań nad wspomnianym powyżej zjawiskiem [1].

W ramach podsumowania działań grupy roboczej HELCOM CHEMU w 1994 roku przedstawiono raport, w którym na podstawie sprawozdań złożonych przez sygnatariuszy Konwencji Helsińskiej i ekspertów ze Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Norwegii przedstawiono aktualny stan wiedzy w zakresie [1, 2]:

- ilości i rodzaju zatopionej broni chemicznej;
- obszarów jej zatopienia;
- właściwości bojowych środków trujących;
- stanu technicznego broni chemicznej;
- oceny potencjalnego zagrożenia wynikającego z obecności broni chemicznej w Bałtyku;
- wyników badań przeprowadzonych w rejonach zdeponowania broni chemicznej.

Ponadto, w 1995 roku złożono sprawozdanie końcowe podsumowujące efekty realizacji projektu zawierające szereg zaleceń jakie należałoby podjąć w najbliższym czasie. Do najważniejszych z nich należą:

- identyfikacja nieudokumentowanych miejsc zatopień amunicji chemicznej i bojowych środków trujących przez strony Konwencji Helsińskiej;
- badanie procesów chemicznych jakim ulegają bojowe środki trujące (BŚT);
- ocena skutków ekologicznych wynikających z uwalniania się BŚT do Bałtyku;
- ocena stopnia skorodowania korpusów amunicji chemicznej i metalowych pojemników wypełnionych bojowymi środkami trującymi;
- stworzenie instrukcji dla załóg rybackich w przypadku wyłowienia i kontaktu z bojowymi środkami trującymi;
- opracowanie wytycznych dla stosownych instytucji i władz odpowiedzialnych za likwidację skutków;

– wyłowienia zatopionej amunicji chemicznej [1].

Na podstawie analizy wniosków przedstawionych w raporcie cząstkowym i sprawozdaniu końcowym stwierdzono, że pogarszający się stan techniczny metalowych korpusów amunicji chemicznej w wyniku postępującej korozji powoduje ich okresowe uwalnianie do środowiska morskiego co z kolei może powodować szereg uciążliwości na różnych poziomach. Dlatego też istotne było dokonanie oceny ryzyka w kategoriach oddziaływania i ewentualnych zagrożeń dla środowiska morskiego i ludzi.

Zagrożenia dla środowiska morskiego

Wiedza dotycząca zachowania się bojowych środków trujących w środowisku morskim jak i skutków ekologicznych wynikających z faktu ich zalegania w Bałtyku jest ograniczona. Spowodowane jest to tym, iż miejsca w których środki te zdeponowano są miejscami specyficznymi.



Obszary te charakteryzują się dużymi głębokościami, brakiem dostępu do światła oraz deficytami tlenu. W związku z powyższym istnieją obiektywne trudności z pobraniem do badań reprezentatywnych próbek. Trudno bowiem znaleźć obszar podobny pod względem warunków środowiskowych panujących w miejscach zalegania broni chemicznej, który pełniłby rolę naturalnego tła [3].

Pierwsze badania ekotoksykologiczne przeprowadzono przez Niemiecki Instytut Hydrograficzny w 1987 roku [1]. Miały one na celu określenie wpływu bojowych środków trujących na środowisko morskie. Za rejon badań wybrano okolice Bornholmu. Pobrane próbki wody zbadano na zawartość arsenu. W badaniach wykazano, że stężenie arsenu w miejscach pobierania próbek nie przekraczało $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, co przy uwzględnieniu naturalnego stężenia arsenu w wodach Bałtyku na poziomie ok. $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ [4] umożliwiło wówczas sformułowanie wniosku o tym, że miejsca pobierania próbek były wolne od bojowych środków trujących.

Kolejne badania przeprowadzili eksperci z Danii. Podobnie jak w przypadku badań realizowanych przez Niemców, próbki pobrano z rejonów położonych na wschód od wyspy Bornholm, lecz w odróżnieniu od badań wcześniejszym razem pobrano próbki osadów dennych. W próbkach stwierdzono obecność iperytu siarkowego i produktu jego rozpadu 1,4-ditianu, a także podwyższone stężenie arsenu, które wynosiło

ok. 185-210 mg/kg. Biorąc pod uwagę norweski system klasyfikacyjny [5] dotyczący stopnia zanieczyszczenia osadów dennych osady z rejonu wyspy Bornholm uznano jako dostrzegalnie zanieczyszczone (80-400 mg As/kg).

Grupa robocza HELCOM CHEMU przeprowadziła również badania ekotoksykologiczne, a ich wyniki przedstawiono w raporcie końcowym z marca 1994 r. Na ich podstawie podjęto próbę określenia poziomu stężenia letalnego wybranych związków chemicznych tworzących BŚT dla organizmów żywych na różnych poziomach troficznych. Doświadczenia przeprowadzono w specjalnych akwariach, w których panowały warunki zbliżone do tych panujących przy dnie Bałtyku. Wyniki obserwacji reakcji organizmów na działanie iperytu siarkowym zestawiono w tabeli 1 [3].

Na podstawie analizy wyżej przedstawionych wyników badań stwierdzono, że stężenie iperytu siarkowego w wodzie powyżej 1 ppm wywołują

negatywne oddziaływanie na niektóre gatunki glonów, skorupiaków i ryb. Nie stwierdzono jednak bioakumulacji iperytu siarkowego w organizmach żywych.

W odróżnieniu od iperytu siarkowego, analiza właściwości fizykochemicznych związków zawierających arsen w cząsteczce (Clark I i Adamsyt) sugeruje ich potencjalne zdolności do bioakumulacji. Ponadto ustalono, że w wyniku degradacji związków organicznych zawierających arsen, powstałe związki nieorganiczne nie wykazują właściwości środka bojowego, a także, że wykazują niższą toksyczność w porównaniu do substratu wyjściowego. W trakcie eksperymentów przeprowadzanych równoległe z iperytem siarkowym nie stwierdzono toksycznego oddziaływania związków arsenu na organizmy żywe, prawdopodobnie z powodu ich niskiej rozpuszczalności w wodzie [3].

W kolejnych latach (1997-2006) analizy chemiczne przeprowadzili eksperci z Rosji [6]. Skupiły się one głównie na

arsenie, fosforze i produktach hydrolizy BŚT, które mogłyby przyczynić się do zmiany chemizmu wody morskiej. W efekcie okazało się, że stężenie arsenu w osadach dennych jest bardzo zróżnicowane i obejmuje wartości charakterystyczne dla tła jak również znacznie podwyższone. W odróżnieniu od arsenu, w próbkach wody pobranej ze strefy przydennej stwierdzono dwu- a nawet pięciokrotne podwyższenie stężenie fosforu całkowitego i organicznego. Mimo, iż fosfor organiczny naturalnie występuje w środowisku morskim to jego zawartość powinna maleć wraz z głębokością w związku z przeprowadzanymi procesami utleniania materii organicznej. Na podstawie analizy wyników badań okazało się, że odmiennie od oczekiwań, wraz ze wzrostem głębokości rosło stężenie fosforu organicznego. Autorzy badań powiązali to zjawisko z obecnością fosfoorganicznych środków trujących na dnie morza w okolicach poddanych badaniu.

Tabela 1. Reakcje organizmów żywych różnych poziomów troficznych na działanie iperytu siarkowym

L.p.	Organizm	Stężenie iperytu siarkowego	Reakcja organizmu
1.	Phaeodactylum tricornutum Rhodomonas balthica	1 ppm	fotosynteza zahamowana w 10-20%
		10 ppm	fotosynteza zahamowana w 80-90%
2.	jaja lęgowe Artenia salina	10-100 ppm	całkowite zahamowanie rozwoju przy stężeniu 100 ppm
3.	Pleuronectes platessa	~ 3 ppm	powoduje śmierć 50% osobników
4.	Daphnia sp.	0,003 ppm	w ciągu 3 dni nastąpiła śmierć 33% osobników
5.	Flądra	>0,0005 ppm	brak akumulacji
		~ 0,004 ppm	brak akumulacji
		~ 0,04 ppm	w jednym z akwariów stwierdzono u ryby stężenie 0,01-0,05 ppm
6.	Lymnaea stagnalis	1,8 ppm	brak zgonów
7.	Poecelia reticulata	1,8 ppm	brak zgonów



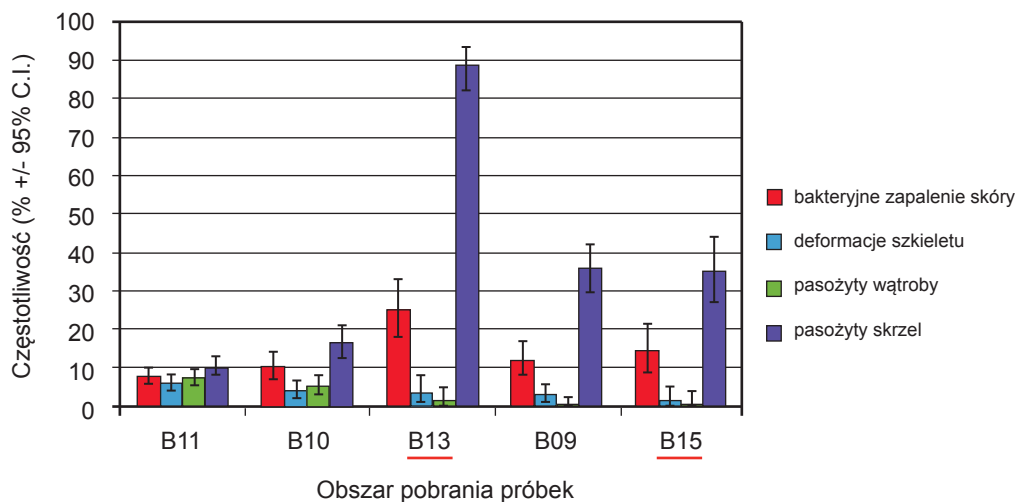
Jednymi z najbardziej aktualnych badań przeprowadzonych w celu oceny ryzyka środowiskowego wynikającego z zalegania broni chemicznej na dnie Bałtyku są badania przeprowadzone w ramach projektu CHEMSEA. Badania zrealizowano w latach 2011-2013 i miały one na celu określenie wpływu bojowych środków trujących na ekosystem morski i opierały na wykorzystaniu bioindykatorów, biomarkerów i modelowania. Wstępne wyniki badań wykazały, że biomasa i bioróżnorodność meio- i makrofauny w miejscach zalegania broni chemicznej jest mniejsza niż w pozostałych rejonach Bałtyku. Stwierdzono brak przedstawicieli makrozoobentosu a także odkryto fakt, że rejon głębiny Bałtyku zamieszkiwany jest głównie przez nicianie. W sumie stwierdzono obecność 48 rodzajów nicieni należących do 21 rodzin we wszystkich badanych obszarach. Dominującymi gatunkami były nicienie *Triploides marinus* i *Terschellingia longi-*

caudata. Gatunki te są odporne na niskie stężenia tlenu w środowisku bytowania. Badacze nie sformułowali jednoznacznych wniosków i stwierdzili, że trudno określić czy zmniejszona biomasa i bioróżnorodność organizmów bentosowych spowodowana jest obecnością bojowych środków trujących czy też środowiskiem beztlenowym panującym w strefie przydennej [7].

Z kolei do badań biomarkerów tj. chorób, występowania pasożytów, uszkodzeń genetycznych i aktywności określonych enzymów wykorzystano m.in. ryby wyłowione z obszarów określonych jako składowiska amunicji chemicznej [8]. Przedstawicielem ryb, które wykorzystano do przedmiotowych badań był dorsz. *Gadus morhua callarias* to gatunek zamieszkujący strefę mezo- i batypelagialu, w związku z czym bardzo prawdopodobny jest jego kontakt z bojowymi środkami trującymi. Wyłowione osobniki dorsza poddano badaniom na różnego rodzaju choroby i pasoży-

ty. Ponadto pobrano od nich próbki tkanek, które poddano analizom biochemicznym, fizjologicznym, patologicznym, neurotoksycznym i genotoksycznym. Wyniki przeprowadzonych badań nie wykazały znacząco pogorszonego stanu zdrowia ryb, jednakże analiza niektórych pojedynczych parametrów może wskazywać na negatywne oddziaływanie środków trujących. Na rysunku 1 przedstawiono częstotliwość występowania chorób dorsza odłowionego w rejonach zatopień (B13, B15) w porównaniu do ryb odłowionych na akwenach uznanych za czyste (B11, B10). Choroby wykryte u *Gadus morhua callarias* mogą, lecz nie muszą być wynikiem obecności broni chemicznej. Mogą one wynikać z obecności innych zanieczyszczeń wód Bałtyku [9]. Podsumowując, toksyczne stężenie iperytu dla organizmów morskich określone w warunkach laboratoryjnych waha się w granicach od 1 do 100 ppm. Stwierdzono, że iperyt nie wykazuje zdolności do

bioakumulacji. W trakcie dotychczas przeprowadzonych badań nie ustalono stężeń letalnych dla organizmów żywych. Stwierdzono jednak, iż powstałe w wyniku procesu degradacji Clarku I i Adamsytu nieorganiczne związki arsenu są znacznie mniej toksyczne i nie wykazują właściwości bojowych środków trujących. Przypuszcza się, że związki zwierające arsen w cząsteczce wykazują zdolność do bioakumulacji, jednak nie potwierdzono tego faktu kolejnymi badaniami [3]. W odniesieniu do całego akwenu Morza Bałtyckiego badacze uznali, iż ze względu na znaczące rozcieńczenie bojowych środków trujących w wodach Bałtyku nie powinno dojść do podwyższenia naturalnego poziomu stężenia arsenu w wodzie i osadach dennych [4]. Równocześnie, badania przeprowadzone przez państwa nadbałtyckie potwierdzają, że w wodzie ze strefy przydennej oraz w osadach dennych pobieranych w bezpośrednim sąsiedztwie miejsc zalegania broni chemicznej występuje podwyższone stężenie środków trujących, takich jak arsen czy iperyt siarkowy [1]. W związku z tym, można spodziewać się krótkotrwałego oddziaływania BŚT na organizmy żywe [4]. W trakcie formułowania globalnych wniosków dotyczących zagrożenia dla środowiska morskiego badacze podkreślili, że istnieje niewielkie prawdopodobieństwo uwolnienia w tym samym czasie bardzo dużych ilości środków trujących ze skorodowanych korpusów amunicji chemicznej i pojemników.



Rys. 1. Częstotliwość występowania chorób u *Gadus morhua callarias* w miejscach zalegania broni chemicznej



W związku z powyższym szansa na pojawienie się toksycznych stężeń dla organizmów żywych w Bałtyku jest znikoma [4].

W ocenie Komisji Helsińskiej broń chemiczna zalegająca na dnie Bałtyku zajmuje 5. miejsce w rankingu problemów środowiskowych, zaraz po eutrofizacji, substancjach szkodliwych (metale ciężkie, chlorowane węglowodory i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), rozlewach ropopochodnych oraz występowaniu organizmów inwazyjnych [9].

Zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi

Amunicja chemiczna zalegająca na dnie Morza Bałtyckiego stanowi zagrożenie tylko w przypadku uwolnienia bojowych środków trujących do wód. Taka sytuacja może nastąpić w wyniku postępującej korozji metalowych korpusów amunicji i pojemników oraz eksplozji spowodowanej niewłaściwym sposobem obchodzenia się z nimi w trakcie przeprowadzanych operacji badawczych, eksploatacyjnych lub wydobywczych. Te ostatnie mogą doprowadzić do nagłego rozproszenia się bojowych środków trujących w postaci zawiesiny, układów koloidalnych czy aerozolu, powodującego zatrucia zgodnie z ich przeznaczeniem bojowym [10]. W związku z tym, zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego wynikające z uwolnienia bojowych środków trujących w wyniku postępującego procesu korozji można analizować uwzględniając przypadki:

- bezpośredniego kontaktu załóg rybackich z amunicją chemiczną i BŚT,
- konsumpcji ryb mających kontakt z BŚT,
- zanieczyszczenia plaż w wyniku wyrzucenia amunicji chemicznej i pojemników zawierających BŚT na brzeg, które stanowią bezpośrednie zagrożenie dla osób z nich korzystających [11].

Załogi rybackie

Niewątpliwie, rybacy są najbardziej narażoną grupą ludzi na bezpośredni kontakt z bojowymi środkami trującymi. W trakcie połowów może zdarzyć się, że w sieci rybackie zaplączą się bomby lotnicze, pociski artyleryjskie lub ich fragmenty, a nawet bryły lekkiego iperytu siarkowego. Ich obecność może spowodować skażenie nie tylko sieci i złowionych ryb, ale także odzieży, pozostałego sprzętu rybackiego, powierzchni kutra oraz, co najważniejsze, nieosłoniętych części ciała rybaków. Skażenia te bywają trudne do wykrycia w początkowej fazie. Wstępne objawy zwykle pojawiają się po tzw. okresie utajonego działania, który trwa od kilku do kilkunastu godzin. Okres ten opóźnia ograniczenie powierzchni skażenia oraz udzielenie właściwej pierwszej pomocy. Większość przypadków związanych z wyłowieniem amunicji chemicznej przez załogi rybackie odnotowuje się w Dani, Szwecji, Niemczech, Polsce, Liwie i Łotwie. Najczęściej mają one miejsce w rejonach oficjalnych miejsc zrzutu i transportu amunicji chemicznej, czyli okolic Bornholmu i Gotlandii. Mimo, iż



Pomiary w laboratorium chemicznym

Rozwiązania METTLER TOLEDO do laboratorium obejmują automatyczne pomiary analityczne, wydajne opracowywanie procesów chemicznych oraz automatyzację pomiarów laboratoryjnych i procesów produkcyjnych. Dodatkowe usługi gwarantują zgodność z oficjalnymi normami oraz spójne i dokładne dane pomiarowe.

Produkty i rozwiązania

Automatyzacja badań chemicznych
Wagi, ważenie laboratoryjne
Instrumenty analityczne
Pipety i końcówki
Analiza termiczna



www.mt.com

METTLER TOLEDO



Tabela 2. Zestawienie liczby oficjalnych zdarzeń kontaktu załóg rybackich z BŚT

L.p.	Rok	Liczba zdarzeń	Waga [kg]
1.	1995	6	40
2.	1996	10	210
3.	1997	9	184
4.	1998	5	290
5.	1999	3	185
6.	2000	11	572
7.	2001	11	514
8.	2002	10	345
9.	2003	25	1110
10.	2004	4	160
11.	2005	4	105
12.	2006	1	6
13.	2007	2	58
14.	2008	1	0
15.	2009	1	1,5
16.	2010	3	65
17.	2011	2	63
18.	2012	1	45

miejsca te na mapach nawigacyjnych oznaczono, jako „nie zalecane dla kotwicowania i połowu ryb”, rybacy w dalszym ciągu wybierają je jako miejsca do połowów. W tabeli 2 przedstawiono zestawienie oficjalnie zgłoszonych incydentów związanych z kontaktem załóg rybackich z BŚT w latach 1995-2012. Za jeden z najmniejbezpieczniejszych środków trujących, z którymi rybacy najczęściej mają kontakt, uznaje się iperyt siarkowy. W przeszłości odnotowano szereg przypadków poparzeń rybaków w wyniku ich bezpośredniego kontaktu z wyłowioną bryłą iperytu, bądź skażoną siecią. Pierwszymi objawami skażenia są zaczerwienienia na skórze. Z czasem powstają pęcherze wypełnione wydzieliną surowiczą zlewającą się w jeden duży pęcherz. W wyniku ich pęknięcia dochodzi do powstania dużego, bolącego owrzodzenia, trud-

nego do wyleczenia ze względu na wysoką podatność na różnego rodzaju zakażenia. W związku z opisanymi powyżej efektami skażenia iperytem siarkowym można stwierdzić, iż po wielu latach nadal zachowuje on swoje właściwości bojowe. Pomimo upływu czasu, cenione w trakcie II Wojny Światowej właściwości, mogą zachowywać także pozostałe BŚT i w wyniku naruszenia bądź wyłowienia rozszczelnionej amunicji chemicznej lub pojemników wypełnionych środkami trującymi mogą wpływać negatywnie na zdrowie i życie ludzi. Wobec tego zaleca się opracowanie stosownych instrukcji opisujących postępowanie w przypadku kontaktu z bojowym środkiem trującym oraz zasady udzielenia pierwszej pomocy, a także odpowiednie oznakowanie miejsc niebezpiecznych do połowu ryb i kotwicowania.

Konsumenci ryb i owoców morza

Niepokój związany z obecnością broni chemicznej na dnie Bałtyku towarzyszy nie tylko rybakom, ale także konsumentom. Incydenty związane z poparzeniami rybaków świadczą o tym, że środki chemiczne wciąż wykazują swoje właściwości bojowe. Wydaje się zatem, że obawa konsumentów o własne zdrowie i życie może być uzasadniona aczkolwiek dotychczasowe badania dowodzą, że strach konsumentów jest bezpodstawny ponieważ nie stwierdzono obecności bojowych środków trujących (głównie iperytu siarkowego i związków zawierających arsen) w organizmach żywych środowiska morskiego [3, 10]. Informacje medialne sugerujące występowanie w tkankach ryb śladu iperytu siarkowego nie znajdują potwierdzenia w wynikach badań naukowych. Ryby, które przypadkowo miały kontakt z iperytem posiadają na błonie śluzowej i skórze łatwo widoczne oparzenia i rany i w związku z tym nie są dopuszczone do legalnej sprzedaży. Ponadto, warto nadmienić, iż ewentualna konsumpcja takich ryb, po poddaniu ich obróbce termicznej nie stanowi żadnego zagrożenia ponieważ pod wpływem wysokiej temperatury iperyt ulega rozkładowi [9]. Arsen występuje w naturalnym środowisku Morza Bałtyckiego w stężeniu ok. 1 µg/dm³, a obecność bojowych środków trujących w Bałtyku nie wywołuje istotnego wzrostu jego stężenia [3,4]. Pomimo

powszechnej opinii o możliwym transporcie organicznych związków arsen w części łańcucha troficznego uwzględniającej konsumentów ryb i owoców morza nie stwierdza się podwyższonego ryzyka w związku z konsumpcją tego typu produktów [12]. Szczegółowe analizy tkanek ryb wykazały znikomą obecność organicznych związków arsenu, która, na obecnym poziomie wiedzy, nie generuje realnego zagrożenia dla zdrowie i życia ludzkiego. Z kolei związki zwierające nieorganiczny arsen, będące w większości produktami rozkładu związków organicznych nie wykazują właściwości charakterystycznych dla BŚT [3]. Arsen w postaci nieorganicznej po wytrąceniu z cząsteczki środka trującego jest mniej toksyczny. Ponadto, z czasem zostaje on zaabsorbowany przez algi i ryby, przechodząc tym samym do postaci nietoksycznych związków organicznych [12]. Zakładając możliwość nieznacznej bioakumulacji związków arsenu w ocenie zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi uznaje się poziom zagrożenia tego typu za znikomy ze względu na fakt słabej rozpuszczalności związków arsenu w wodzie. Pomimo faktu, iż z punktu widzenia toksykologii żywności uznaje się, że bojowe środki trujące zalegające na dnie Bałtyku nie stanowią żadnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi badacze podzielają opinię, że wskazane jest prowadzenie dalszych, szczegółowych badań w tym kierunku, ze uwzględnieniem iperytów, arsenu i chlorowanych dodatków.



Turyści

Ze względu na procesy falowania i silne prądy morskie nie można wykluczyć pojawiania się amunicji chemicznej i pojemników z BŚT na brzegu morskim. Na polskim wybrzeżu zdarzenia takie mogą mieć miejsce szczególnie w okresach sztormowych i okresach występowania silnych wiatrów zachodnich, północno-zachodnich i północnych. Przypadki skażenia plaż zdarzały się wielokrotnie w przeszłości. W porównaniu jednak do wyłowień amunicji chemicznej lub środków trujących przez załogi rybackie nie jest to zjawisko powszechne. Jednym z najbardziej szokujących incydentów związanych z pojawieniem się na plaży pojemnika wypełnionego BŚT było wyrzucenie przez fale morskie beczki wypełnionej iperytem siarkowym na plaży w Darłównku w 1955 r. Dzieci przebywające wówczas na plaży, nieświadome czyhającego na nie niebezpieczeństwa, w ramach zabawy toczyły skorodowaną beczkę wypełnioną środkiem trującym. Po upływie ok. pół godziny od kontaktu z wyciekającą z pojemnika substancją pojawiły

się u nich pierwsze objawy skażenia. Poparzeniu uległo 102 dzieci, z czego u czworga wystąpiło ciężkie poparzenie oczu. W celu dekontaminacji plaże zamknięto i odkażono wapnem chlorowanym [10]. W tabeli 3 zestawiono ilości amunicji chemicznej znalezionej na brzegu morskim w okolicach Bornholmu w latach 1984-1992.

Ostatni przypadek pojawienia się środka trującego na polskim wybrzeżu Bałtyku zanotowano w 2012 roku. W okolicach Czołpina znaleziono ciemne, smoliste, samozapalające się grudki nieznannej substancji. W toku analizy fizykochemicznej ustalono, że był to fosfor biały. Skażeniu uległo wówczas około 13 kilometrów wybrzeża zaś na plaży pojawiło się około 1000 kg środka trującego, pochodzącego przypuszczalnie z okresu wojennego. Szczęśliwie nikt nie ucierpiał w wyniku tego zdarzenia [12].

Podsumowując, wyrzucenie amunicji chemicznej i bojowych środków trujących na plażę jest możliwe. Świadczą o tym incydenty z przeszłości. Pomimo faktu, że w ujęciu liczbowym sytuacji takich było stosunkowo niewiele, stano-

wiły poważne zagrożenie dla zdrowia i życia znajdujących się w pobliżu osób. Bardzo ważne jest w tym przypadku prowadzenie działań profilaktycznych, polegających na uświadamianiu ludzi w zakresie niebezpieczeństwa wynikającego z kontaktu z nieznanymi substancjami, mogącymi znajdować się na wybrzeżu morskim, a także przygotowanie odpowiednich służb do zabezpieczenia miejsca ewentualnych zdarzeń i usunięcia substancji mogących powodować zagrożenie.

Podsumowanie

Bojowe środki trujące zatopione w Bałtyku w okresie II Wojny Światowej wciąż stanowią

istotny problem dla przedstawicieli obecnego pokolenia, zarówno pod względem użytkownikom morza jak również z uwagi na potencjalne zagrożenia środowiskowe. Na uwagę zasługuje fakt, iż pomimo wielu przeszkód natury polityczno-geograficznej podjęto próbę inwentaryzacji miejsc zatopień a także rodzajów i ilości zatopionych BŚT. Podjęto także interdyscyplinarne badania ukierunkowane na analizę zarówno krótko- jak i długookresowych skutków utylizacji broni chemicznej w głębinach Morza Bałtyckiego. Na podstawie uzyskanych wyników sumaryczny poziom zagrożenia dla ekosystemu jak i ludzi określono jako niski, z wyłączeniem

Tabela 3. Ilość amunicji chemicznej w poszczególnych latach na brzegu morskim w okolicach Bornholmu

L.p.	Rok	Masa amunicji chemicznej [kg]
1.	1985	585
2.	1986	370
3.	1987	175
4.	1988	115
5.	1989	120
6.	1990	182
7.	1991	269
8.	1992	100
Razem		1916

Nowe blaty laboratoryjne w ofercie DURCON

Blaty laboratoryjne **SPC by DURCON** oraz **NEOLITH** stanowią najnowsze uzupełnienie naszej oferty laboratoryjnych powierzchni roboczych.

Pełna oferta asortymentowa dostępna na stronie: www.durcon.pl

SPC by DURCON

Blaty laboratoryjne o wysokiej odporności chemicznej wykonane na bazie żywic fenolowych, dwustronnie laminowane i utwardzane powierzchniowo wiązką elektronów (technologia EBC- Electron Beam Curing).

Płyty HPL na bazie żywic fenolowych utwardzane metodą EBC.

NEOLITH

Wielkogabarytowe spieki ceramiczne.

Blaty laboratoryjne NEOLITH to wielkogabarytowe spieki ceramiczne, które pod względem odporności chemicznej i termicznej, wytrzymałości na zarysowania i ścieranie, a także odporności na promieniowanie UV dorównują dostępnej na rynku litej ceramice.

Laboratoryjne zastosowanie płyt SPC by DURCON oraz NEOLITH to przede wszystkim blaty robocze do stołów wypisowych i przyściennych, blaty i wykładki dygestoryjne, a także zestawy do mycia w połączeniu ze zlewami DURCON lub innymi typami zlewów dostępnych na rynku.

Więcej szczegółów na temat nowych produktów w ofercie DURCON w notatce technicznej na stronie 62



DURCON COMPANY OF POLAND Sp. z o.o.
Blaty, zlewy i akcesoria do laboratoriów, kuchni i łazienek

Tel.: +48 56 / 659 98 05
Fax: +48 56 / 659 98 07
e-mail: durcon@durcon.com.pl
www.durcon.com.pl
www.durcon.com



przypadków bezpośredniego kontaktu organizmów wodnych i człowieka z BŚT, które jak się okazuje, zachowały swoje właściwości chemiczne mimo upływu ponad 60 lat od zakończenia działań wojennych. Dotychczasowe analizy uwzględniające tempo korozji metalowych części pocisków, dynamikę uwalniania związków, kierunki ich transformacji chemicznej, zdolność do bioakumulacji i właściwości fizykochemiczne wskazują, że istnieje realna szansa na to, że ekosystem Morza Bałtyckiego upora się samodzielnie z chemicznym problemem, który przypomina o okrucieństwie wojen.

Literatura

[1] Fabisiak J., Michalak J., Pączek B., *Współpraca państw*

nadbałtyckich w celu przeciwdziałania skutkom zatopionej w morzach amunicji chemicznej, Logistyka 5, 2012.

[2] Dembowska A., *Problem broni chemicznej zatopionej w Morzu Bałtyckim w dokumentach i pracach Komisji Helsińskiej*, w: Materiały z II sympozjum naukowego (15-16.12.1998 r.), Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia, 1999.

[3] HELCOM CHEMU, *Report to the 16th Meeting of Helsinki Commission 8-11 March 1994*, Danish Environmental Protection Agency, Helsinki 1994.

[4] Ostojski M., Andrulewicz E., Krzymiński W., *Broń chemiczna zatopiona w Morzu Bałtyckim w wyniku działań wojennych*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2010.

[5] ICES, Report of the ICES Advisory Committee on Marine Environment, Annex 3: Inventory of Sediment Quality Criteria in ICES Member Countries, 2003.

[6] Paka V., Spiridonov M., *Research of dumped chemical weapons made by R/V "Professor Shtokman" in the Gotland, Bornholm and Skagerrak dump sites*, w: Chemical munition dump sites in coastal environments, Brussels, 2002.

[7] *CHEMSEA FINDINGS*, Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences, 2014.

[8] Bełdowski J., *Działania w sprawie broni chemicznej zatopionej w Bałtyku*, w: Polska dla Bałtyku, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, 2012.

[9] Andrulewicz E., *Amunicja chemiczna w Bałtyku a moż-*

liwości skażenia ryb, Wiadomości rybackie, Warszawa, 2013.

[10] Kasperek T., *Broń chemiczna zatopiona w Morzu Bałtyckim*, Europejskie Centrum Edukacyjne, Toruń 1999.

[11] Kantolahti E., *Broń chemiczna zatopiona w Morzu Bałtyckim w dokumentach i pracach Komisji Helsińskiej*, w: Materiały z II sympozjum naukowego (15-16.12.1998 r.), Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia, 1999.

[12] Śmiertelnie groźny fosfor biały na plaży to sprawka wojskowych, www.gospodarkamorska.pl

* Akademia Pomorska, Zakład Chemii Środowiskowej, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, e-mail: astel@apsl.edu.pl



Zostań członkiem

Klubu

**Polskich Laboratoriów
Badawczych**

www.pollab.pl

POLLAB