



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

Małgorzata Kosmacz, Aleksander Astel*

Morze Bałtyckie jest specyficznym zbiornikiem wodnym. Jego warunki środowiskowe sprawiają, że charakteryzuje się ono stosunkowo niską bioróżnorodnością i jest bardzo wrażliwe na zanieczyszczenie. Jednym z istotnych źródeł zanieczyszczeń Bałtyku może być broń chemiczna zatopiona w nim w okresie II Wojny Światowej.

Wstęp

W czasie obu wojen światowych wyprodukowano ogromne ilości bojowych środków trujących przeznaczonych do elaborowania bomb lotniczych, pocisków artyleryjskich, granatów, min oraz metalowych pojemników. Podczas działań wojennych prowadzonych w Europie nie wykorzystano zgromadzonych zapasów i związku z tym po wojnie pojawił się problem z utylizacją zarówno amunicji chemicznej jak i samych bojowych środków trujących. Początkowo stosowano różne techniki pozbywania się broni chemicznej, począwszy od jej zakopywania w ziemi, poprzez spalanie na otwartej przestrzeni, niszczenie chemiczne, po zatopienie w dużych i głębokich zbiornikach wodnych. Za najbezpieczniejszy, a zarazem najtańszy sposób utylizacji amunicji chemicznej i pojemników wypełnionych środkami trującymi uznano zatopienie w wodach morskich. Na główne miejsca zatopień wybrano najgłębsze rejony Morza Bał-

tyckiego, tj. Głębię Gotlandzką oraz Głębię Bornholmską. Szacuje się, że na dnie Bałtyku zalega ok. 65000 ton amunicji chemicznej zawierającej od 6000 do 13000 ton bojowych środków trujących (BŚT). Środowisko morskie sprzyja procesowi korozji metalowych korpusów amunicji chemicznej i pojemników, co w dłuższej perspektywie czasu wpływa na stopień ich szczelności. W efekcie korozji pojemników bojowe środki trujące przedostają się do wód Bałtyku. Właściwości fizyczne, chemiczne i toksyczne BŚT oraz historia dotycząca skutków ich zastosowania w okresie wojennym powoduje powszechny niepokój wśród ludzi wykorzystujących walory i zasoby morza. W związku z narastającym niepokojem i sporadycznymi przypadkami lokalnego skażenia plaż podjęto badania, których celem była analiza ryzyka i możliwość wystąpienia katastrofy ekologicznej spowodowanej uwolnieniem BŚT do wód Bałtyku. W związku z powyższym

postanowiono usystematyzować dane dotyczące historii zatopienia broni chemicznej w Morzu Bałtyckim, ilości i miejsc jej zalegania, stanu technicznego oraz właściwości fizycznych, chemicznych i toksycznych środków trujących.

Zarys historyczny

Historia broni chemicznej zatopionej w basenie Morza Bałtyckiego związana jest głównie z okresami wojennymi. Szacuje się, że w latach 1914-1918 łącznie wyprodukowano około 180 000 ton BŚT [1]. Broń chemiczną użyto wówczas na skalę masową powodując zatrucie około 1 200 000 ludzi, z czego około 100 000 poniosło śmierć [1]. Okres międzywojenny i okres II Wojny Światowej charakteryzował się stałą produkcją i rozwojem broni chemicznej. Produkowany do tej pory iple-ryt siarkowy, luizyt i adamsyt zachowały swoje znaczenie bojowe lecz opracowano także nowe związki fosforoorganiczne takie jak: tabun i sarin,

charakteryzujące się wyższym poziomem toksyczności [2, 3]. Uznaje się, że największym producentem broni chemicznej na świecie byli Niemcy. Według źródeł pochodzących z Niemieckiej Federalnej Agencji Morskiej i Hydrograficznej (ang. *Federal Maritime and Hydrographic Agency*) w latach 1935-1945 w Niemczech wyprodukowano około 65 000 ton zasadniczych BŚT [1]. W tabeli 1, którą sporządzono na podstawie danych z Raportu HELCOM z 1994 r. przedstawiono ilość poszczególnych rodzajów zasadniczych bojowych środków trujących wyprodukowanych w Niemczech w latach 1935-1945 [4].

BŚT wykorzystywano do elaborowania przede wszystkim bomb lotniczych, pocisków artyleryjskich, fugasów, min, świec i granatów dymnych. Wiele ton środków trujących przechowywano w postaci zapasów w różnego rodzaju pojemnikach takich jak kontenery, bębny, beczki, kanistry i inne [1,2].



Tabela 1. Ilość poszczególnych rodzajów zasadniczych bojowych środków trujących wyprodukowanych w Niemczech w latach 1935-1945

BOJOWY ŚRODEK TRUJĄCY	MASA [TONA]
Iperyt siarkowy	25 000
Tabun	12 000
Arsen	7 500
Chloroacetofenon	7 100
Fosgen	5 900
Adamsyt	3 900
Iperyt azotowy	2 000
Clark I	1 500
Clark II	100
Luizyt	niewielka produkcja
SUMA	65 000

Po zakończeniu II Wojny Światowej pojawił się problem z unieszkodliwieniem ogromnych ilości nagromadzonych zapasów zarówno amunicji chemicznej jak i samych BŚT, nie tylko na terenie Niemiec, ale także w Chinach, Japonii, Francji, Włoszech, Kanadzie i innych krajach [2, 5]. Poddawano je różnym procesom unieszkodliwiania i niszczenia. Za najbardziej popularne techniki uznaje się metody ich „bezpiecznego rozproszenia”, zakopywanie w ziemi, spalanie na otwartej przestrzeni oraz niszczenie chemiczne. Głównie jednak stosowano praktykę polegającą na zatopieniu amunicji chemicznej w wodach mórz i oceanów. Była to technika powszechnie stosowana i akceptowana już od wczesnych lat XX wieku do lat 70 [2, 3]. Amunicję chemiczną masowo topiono w oceanach: Atlantycznym i Spokojnym, Zatoce Biskajskiej oraz morzach: Północnym, Białym, Ochockim, Karaskim, Barentsa, Japońskim jak i Bałtyckim [2].

Decydujący wpływ na decyzję o zatopieniu broni chemicznej w basenie Morza Bałtyckiego miała Konferencja Poczdamaska, która odbyła się 2 sierpnia 1945 r. Dotyczyła ona demilitaryzacji i rozbrojenia armii niemieckiej [6]. Jednym z głównych jej postanowień

było usunięcie zapasów broni chemicznej z obszaru Niemiec. Zalegalizowano wówczas, jak mogłoby się wydawać, najprostszy, najbezpieczniejszy, a zarazem najtańszy sposób polegający na zatopieniu jej w Bałtyku [5].

Według informacji udostępnionych przez państwa nadbałtyckie, Wielką Brytanię, Stany Zjednoczone i Norwegię ustalono, iż z ogólnej ilości blisko 300 000 ton broni chemicznej zinwentaryzowanej w 4 strefach okupacyjnych po zakończeniu II Wojny Światowej wojska alianckie w wodach Bałtyku zatopiły od 42 000 do 65 000 ton amunicji chemicznej. Zakładając, że masa bojowych środków trujących w przypadku bomb lotniczych stanowi 60% ogólnej masy, a pocisków artyleryjskich 10% przyjmuje się,

że średnia masa BŚT stanowi od 10% do 20% ogólnej masy amunicji chemicznej. Na tej podstawie szacuje się, iż w Morzu Bałtyckim zalega od 6 000 do 13 000 ton BŚT [3, 4].

Lokalizacja miejsc zatopień amunicji chemicznej w Morzu Bałtyckim

Zatopianie amunicji chemicznej i niezalaborowanych BŚT przez wojska alianckie miało miejsce głównie w latach 1945-1948. Z zeznań świadków oraz informacji pochodzących z archiwalnych zapisów dokumentacji wojskowej i listów przewozowych wynika, że broń chemiczną zatapiano przede wszystkim w południowo-wschodniej części Głębi Gotlandzkiej, we wschodniej części Głębi Bornholmskiej oraz w okolicach Małego Beltu [1, 3, 4].



Rys. 1. Oficjalne i nieoficjalne trasy transportu broni chemicznej oraz miejsca jej zatopienia



Szacuje się, że w okolicach Głębi Gotlandzkiej i Bornholmskiej zalega od 36 000 do 50 000 ton, zaś w rejonie Małego Bełtu około 5 000 ton. Ponieważ BŚT zatapiano także poza oficjalnie wyznaczonymi obszarami i torami wodnymi sumaryczna ilość i obszar zatopień mogą być znacznie większe. Oficjalne i nieoficjalne miejsca zrzutu broni chemicznej jak również zatopienia całych transportowców wypełnionych chemicznym ładunkiem przedstawiono na rysunku 1.

Charakterystyka bojowych środków trujących

Bronią chemiczną nazywa się urządzenia wykorzystywane w konfliktach zbrojnych do rozprzestrzeniania i przenoszenia bojowych środków trujących. Ze względu na duży obszar, czas działania i masowe efekty bojowe, broń chemiczna uznawana jest za broń masowej zagłady [7].

BŚT stanowią podstawowy element broni chemicznej. Składają się na nie związki chemiczne, których właściwości fizyczne i chemiczne, a co za

tym idzie toksyczne zadecydowały o przeznaczeniu bojowym. Celem jej użycia było zanieczyszczenie m.in. powietrza, gleby, wody oraz sprzętu bojowego [8]. W okresie I i II Wojny Światowej BŚT miały utrudnić przeciwnikowi prowadzenie działań wojennych, spowodować jego przejściową niezdolność do walki, a nawet spowodować silne zatrucia, niekiedy prowadzące do jego śmierci [9]. Do organizmu człowieka dostają się poprzez skórę, błony śluzowe, drogi oddechowe oraz układ pokar-

mowy i otwarte rany [8, 9]. Do najbardziej popularnych BŚT należą: tabun, iperyt siarkowy i azotowy, luizyt, fosgen, chloroacetofenon, cyjanowodór, chlorocyjan, difenylchloroarsyna (Clark I), difenylocyjanoarsyna (Clark II) oraz adamsyt [1].

Właściwości fizyczne i chemiczne bojowych środków trujących

Najważniejszymi parametrami opisującymi właściwości fizyczne i chemiczne bojowych środków trujących, służącymi do opisanie ich zachowa-

Tabela 2. Właściwości fizyko-chemiczne bojowych środków trujących

Nazwa BST	Wzór chemiczny	Stan skupienia	Barwa w stanie czystym	Barwa w stanie technicznym	Zapach	Temp. topnienia [K]	Temp. wrzenia [K]	Gęstość w temp. 293K [g/cm ³]	Maksymalne stężenie par w temp. 293K [mg/dm ³]	Rozpuszczalność w wodzie [g/cm ³]	Rozpuszczalność w rozpuszczalnikach organicznych
ADAMSYT	HN(C ₆ H ₄) ₂ AsCl	c. stałe	żółty	Zielony	—	468	683	1,65	2 × 10 ⁻⁵	0,002	na zimno słabo rozpuszczalny
CHLOROACETOFENON	C ₆ H ₅ COCH ₂ Cl	c. stałe	bezbarwny	szarobrunatny	czeremchy	327-329	517	1,32	0,105	1	rozpuszczalny
CHLOROACYJAN	CICN	ciecz/gaz	bezbarwny	—	—	266,5	285,5	1,222	3362	7	dobra
CLARK I	(C ₆ H ₅) ₂ AsCl	c. stałe	bezbarwny	brunatna ciecz	—	311-317	580-606	1,422	6,8 × 10 ⁻⁴	2	dobra
CLARK II	(C ₆ H ₅) ₂ AsCN	c. stałe	bezbarwny	brunatna ciecz	—	303-308	563-619	1,45	1,5 × 10 ⁻⁴	2	dobra
CYJANOWODÓR	HCN	ciecz	bezbarwny	—	gorzkich migdałów	259-260	299	0,689	837-1100	tak	dobra
FOSGEN	Cl ₂ CO	gaz	bezbarwny	żółty lub żółto-czerwony	zgniłe siano	145	280,6	1,376	6,4	0,9	dobra
IPERYT AZOTOWY	N(CH ₂ CH ₂ Cl) ₃	ciecz	bezbarwny	brunatny	ledwo wyczuwalny	269	508	1,235	0,07	0,16	dobra
IPERYT SIARKOWY	S(CH ₂ CH ₂ Cl) ₂	ciecz	bezbarwny	ciemnobrunatny	musztardy	287,4	490	0,625	1,2741	0,8	dobra
LUIZYT A	Cl(CH) ₂ AsCl ₂	ciecz	od bezbarwnej po różowo-fioletowy	—	pelargonii	263	483	1,88	2,3	0,5	dobra
LUIZYT B	(ClCHCH) ₂ AsCl	ciecz	żółty	—	—	—	503	—	—	nie	dobra
TABUN	C ₅ H ₁₁ N ₂ O ₂ P	ciecz	bezbarwny	brunatny	czysto-owocowy techniczny - migdałów	225	510-513	1,077	0,6	12	dobra



nia w różnych środowiskach, w tym także w środowisku morskim, są: stan skupienia, lotność, prężność pary nasyconej, gęstość, temperatury krzepnięcia i wrzenia, rozpuszczalność, hydroliza, degradacja oraz aktywność chemiczna [1]. Właściwości fizyczne i chemiczne wybranych bojowych środków trujących zalegających na dnie Morza Bałtyckiego przedstawiono w tabeli 2 [1, 4]. Znając stan skupienia i parametry prężności pary nasyconej i lotności poszczególnych bojowych środków trujących można określić ich trwałość w środowisku i najkorzystniejszy wariant użycia. Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że przeważnie występują one w postaci cieczy i ciał stałych, rzadziej natomiast w postaci gazów. Oznacza to, że zdecydowana większość z nich charakteryzuje się dość wysokimi temperaturami wrzenia. Prężność pary nasyconej i lotność są parametrami charakterystycznymi dla każdego rodzaju substancji

i są ściśle uzależnione od ich temperatury wrzenia. Wraz z jej wzrostem maleje prężność pary nasyconej substancji, a co za tym idzie lotność. Substancje charakteryzujące się małą lotnością (przede wszystkim ciała stałe i ciecze) zwykle są bardziej trwałe, tak więc na skażonym terenie utrzymują się znacznie dłużej. Informacja ta ma zasadnicze znaczenie przy wyborze odpowiedniego bojowego środka trującego w zależności od zamierzonego celu militarnego. Pozwala ona wytworzyć m.in. pożądane stężenia bojowych środków trujących w powietrzu oraz określić czas, w którym będą one zachowywały swoje zdolności rażącego działania. Kolejnym parametrem, szczególnie ważnym dla środowiska morskiego, jest gęstość środków trujących. Substancje charakteryzujące się gęstością większą od gęstości wody będą opadały na dno morza. Taka zależność odnosi się do większości związków

będących BŚT [1]. Dzięki temu nie obserwuje się ich wypływania na powierzchnię i dryfu w przypadku uwolnienia ze zbiorników. Ponadto, warto zwrócić uwagę na parametry takie jak: aktywność chemiczna, rozpuszczalność, zdolność do hydrolizy, które wpływają na przebieg reakcji chemicznych oraz decydują o zdolności omawianych związków do degradacji i ich rozproszenia w środowisku [2]. Zdecydowana większość bojowych środków trujących to związki pochodzenia organicznego. Substancje te dobrze rozpuszczają się w tłuszczach i niektórych rozpuszczalnikach organicznych, np. w benzenie, dichloroetanie czy alkoholach, gorzej natomiast w wodzie [9]. Słaba rozpuszczalność środków trujących w wodzie morskiej będzie, w przypadku ich masowego uwolnienia, wpływać na wyjątkowo powolny proces degradacji [2]. W wyniku hydrolizy bojowych środków trujących zwykle powstają produkty mniej toksycz-

ne, charakteryzujące się dobrą rozpuszczalnością w wodzie [4]. Wyjątek stanowią iperyty: siarkowy i azotowy oraz związki zawierające w swoich cząsteczkach arsen. Hydrolizaty tych ostatnich wykazują toksyczność właśnie ze względu na obecność arsenu w cząsteczce oraz zdolność do akumulacji w tkankach organizmów żywych. W tabeli 3 przedstawiono właściwości hydrolityczne poszczególnych bojowych środków trujących z uwzględnieniem toksyczności powstałych w tym procesie hydrolizatów [1]. Warto wspomnieć, że w przypadku środowiska morskiego procesy hydrolizy i rozkładu zależą nie tylko od rodzaju substancji, ale także od czynników środowiskowych, takich jak temperatura i zasolenie. W związku z tym wyższa temperatura będzie powodowała szybszy przebieg wyżej omawianych procesów. Zmiana temperatury o 10°C może przyspieszyć ich przebieg nawet dziesięciokrotnie.

Tabela 3. Właściwości hydrolityczne poszczególnych bojowych środków trujących z uwzględnieniem toksyczności hydrolizatów

L.p.	Bojowy środek trujący	Szybkość przebiegu hydrolizy w wodzie			Toksyczność produktów hydrolizy	UWAGI
		bardzo wolna	wolna	szybka		
1.	Adamsyt	X			Tak	Niektóre produkty hydrolizy zawierają toksyczny arsen. Związki wykazują zdolność do bioakumulacji.
2.	Chloroacetofenon	X			Nie	————
3.	Chlorocyjan			X	Nie	————
4.	Clark I	X			Tak	Niektóre produkty hydrolizy zawierają toksyczny arsen. Związki wykazują zdolność do bioakumulacji.
5.	Clark II	X			Tak	Niektóre produkty hydrolizy zawierają toksyczny arsen. Związki wykazują zdolność do bioakumulacji.
6.	Cyklon B			X	Nie	————
7.	Fosgen			X	Nie	————
8.	Iperyt azotowy	X			Tak	Niektóre produkty hydrolizy są toksyczne.
9.	Iperyt siarkowy		X		Tak	Niektóre produkty hydrolizy są toksyczne.
10.	Luizyt		X		Tak	Niektóre produkty hydrolizy zawierają toksyczny arsen. Związki wykazują zdolność do bioakumulacji.
11.	Tabun			X	Nie	————



W Morzu Bałtyckim obserwuje się wahania temperatur wody w cyklu sezonowym od 0 do 20°C. Proces degradacji bojowych środków trujących może przyczynić się do ich uwolnienia do wód Morza Bałtyckiego, szczególnie w przypadku, gdy ścianki metalowych korpusów amunicji chemicznej i pojemników są silnie skorodowane. Wówczas związki gazowe, będące produktami rozkładu, prowadzą do zwiększonego ciśnienia w korpusach i ze względu na ich „kruchość” mogą doprowadzić do wydostania się bojowych środków trujących do wody.

Aktywność chemiczna natomiast opisuje zdolność związków chemicznych do reagowania z innymi związkami. Informacja ta może okazać się bardzo istotna, szczególnie w przypadku procesu odkażania. Na podstawie aktywności chemicznej poszczególnych środków trujących można także określić ich zdolność do reagowania ze ściankami korpusów amunicji chemicznej, czyli procesu korozji.

Właściwości toksyczne bojowych środków trujących

BŚT ze względu na swoje właściwości toksyczne można podzielić na wiele sposobów. Jednym z nich, z wojskowego punktu widzenia, jest podział pod względem ich właściwości bojowych (użytkowych). Wówczas wyróżnia się środki nękające, obojętne, a także uśmiercające. Nękające bojowe środki trujące mają za zadanie utrudnić wrogowi prowadzenie działań wojennych poprzez wymuszenie na

nim użycia środków ochrony przed skażeniami. Należą do nich substancje o działaniu drażniącym. W tym przypadku nie istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zatrucia śmiertelnego. Środki obojętne natomiast powodują ograniczoną zdolność przeciwnika do walki, trwającą od kilku godzin do kilku dni. Zwykle zalicza się do nich substancje psychotoksyczne. Najbardziej toksycznym oddziaływaniem na organizmy żywe charakteryzują się BŚT o charakterze uśmiercającym, powodujące silne zatrucia śmiertelne, bądź wymagające długotrwałego leczenia specjalistycznego [9].

Właściwości toksyczne bojowych środków trujących ściśle związane są z ich budową cząsteczkową, a w szczególności z obecnością tzw. ugrupowań toksoforowych, czyli określonych, aktywnych grup funkcyjnych. W wyniku reakcji chemicznej zachodzącej pomiędzy związkami budującymi żywy organizm, a środkami trującymi, dochodzi do powstawania zaburzeń niektórych procesów biochemicznych, na zewnątrz objawiających się jako zatrucie. W wielu przypadkach nie sprecyzowano jeszcze tego mechanizmu [9]. Pod względem toksyczności, czyli w tym przypadku szkodliwego oddziaływania BŚT na organizm żywy, można wyróżnić środki:

a) paralityczno-drgawkowe – są środkami fosfoorganicznymi. Zalicza się do nich m.in. tabun, sarin, soman, DFP i VX. Do organizmu dostają się poprzez śluzówki, drogi oddechowe lub, tak jak w przypad-

ku somanu lub VX, poprzez skórę. W wyniku ich działania dochodzi do zablokowania cholinesterazy odpowiedzialnej za prawidłowe funkcjonowanie obwodowego układu nerwowego. W początkowej fazie zatrucia pojawiają się problemy ze wzrokiem (mioza), uczucie strachu, duszności, ślinotok oraz zaburzenia rytmu serca. Następnie obserwuje się pojawienie śnycy oraz drgawek przypominających swoim przebiegiem objawy tężca bądź padaczki. Jednocześnie utrzymują się zaburzenia pracy serca i krążenia. Ponadto, w wyniku zatrucia występują silne skurcze jelit oraz bezwiedne oddawanie moczu i kału. Śmierć następuje w wyniku porażenia ośrodków naczyniowo-ruchowego oraz oddechowego. W przypadku zatrucia rolę odtrutki pełni atropina (siarczan lub winian atropiny) oraz substancje odblokowujące cholinesterazę tj. 2-PAM lub toksogonina [1, 7].

b) parzące – do grupy parzących bojowych środków trujących zalicza się głównie: iperyty (iperyt siarkowy i iperyt azotowy) oraz luizyty (luizyt A i luizyt B). Są to chlorowcopochodne związki chemiczne powodujące silne poparzenia w miejscu ich bezpośredniego zetknięcia z organizmem żywym. Usunięcie z cząsteczki związku atomów chloru powoduje ich detoksykację. Z łatwością dyfundują przez tkaniny, skórę, cienką gumę oraz materiały porowate. Do żywego organizmu wnikają głównie przez drogi oddechowe, śluzówki oraz skórę. Objawy zatrucia

zwykle ujawniają się dopiero po okresie utajonego działania, którego czas trwania uzależniony jest przede wszystkim od rodzaju i ilości środka trującego. W przypadku poparzenia dróg oddechowych, pierwszymi objawami zatrucia są chrypka, suchy kaszel oraz zanik głosu. Po okresie około doby obserwuje się ogólne osłabienie organizmu oraz zapalenie oskrzeli, a nawet płuc. Poparzeniom skóry natomiast towarzyszy świąd, rumień a czasami nawet obrzęk. Po pewnym czasie, zwykle trującym około 24 godzin, zaczynają pojawiać się pęcherzyki wypełnione półprzezroczystą cieczą, które po pewnym czasie zlewając się tworzą pęcherz większych rozmiarów. Zwykle towarzyszy temu ogólne osłabienie i podwyższona temperatura ciała. Klika dni później pęcherz ten pęka i tworzy rozległe, trudno gojące się, bolesne rany (owrzodzenia), podatne na wtórne infekcje bakteryjne, w wyniku których zwykle dochodzi do zgonu osoby poparzonej. Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcia z efektami poparzenia iperytem siarkowym.

c) ogólnotrujące – działanie toksyczne środków ogólnotrujących wykazują m.in. cyjanowodór i chlorocyjan.



Rys. 2. Efekty poparzenia iperytem siarkowym [10]



Do organizmu dostają się przede wszystkim przez drogi oddechowe i śluzówki, rzadziej przez drogi pokarmowe poprzez spożycie zatrutej żywności lub wody. Ich mechanizm działania polega na inhibicji enzymów, w tym przypadku oddechowych, która prowadzi do zaburzenia oddechowych funkcji tkanek. Do objawów zatrucia cyjanowodem i chlorocyjanem należą: metaliczny posmak w ustach, zawroty głowy, przyspieszony oddech, duszności, ból w klatce piersiowej, zaburzenia równowagi, drgawki mięśniowe oraz zanik odruchów i reakcji na bodźce. Śmierć następuje w wyniku porażenia układu oddechowego i zatrzymania akcji serca poprzez niedotlenienie tkanek. W przypadku zatrucia organizmu należy jak najszybciej przeprowadzić inhalację azotynem amyłowym lub sodowym, bądź azotyn sodowy podać w formie zastrzyku. Substancje te spowodują przekształcenie toksyn w formy mniej szkodliwe i wydalenie ich z organizmu za pośrednictwem nerek.

d) duszące – szeroko stosowanym podczas I Wojny Światowej środkiem duszącym był fosgen. Jest to gaz, który wnika do organizmu wyłącznie przez drogi oddechowe. Jego działanie polega na wstrzymaniu procesu wymiany gazowej w płucach i wypełnieniu pęcherzyków płucnych osoczem. Prowadzi to do zahamowania transportu tlenu do tkanek organizmu. Śmierć następuje w wyniku niedotlenienia. Objawami wskazującymi na zatrucie fosgenem są: narastająca duszność, nasilający

się kaszel oraz wydzielanie się spienionego płynu z ust, niekiedy z domieszką krwi. Pojawiają się one zaraz po okresie utajonego działania trwającym zwykle od kilku do kilkunastu godzin. Nie istnieje skuteczna odtrutka, która pozwoliłaby wyleczyć osobę zatrutą.

e) drażniące – BŚT o działaniu drażniącym są związkami chemicznymi o działaniu nękającym. Służą głównie do skażenia powietrza w postaci par lub aerozoli. Wśród tej grupy związków, ze względu na działanie toksyczne, wyróżnia się dwie podgrupy: lakrymatory i sternity. Lakrymatory stanowią grupę związków, których celem jest obezwładnienie przeciwnika poprzez podrażnienie zakończeń nerwów czuciowych i błon śluzowych oczu. Objawami towarzyszącymi zatruciu są przede wszystkim łzawienie oraz mimowolne zwieranie powiek. Najbardziej popularnymi bojowymi środkami trującymi należącymi do tej grupy są chloroacetofenon i chloropikryna. Sternity natomiast powodują podrażnienie zakończeń nerwów czuciowych górnych dróg oddechowych. Kichanie, kaszel, ślinotok, wymioty czy pieczenie w krtani i klatce piersiowej mają za zadanie ograniczyć możliwość prowadzenia działań ofensywnych i defensywnych przez przeciwnika. Do sternitów należą m.in. adamsyt, difenylochloarsyna (Clark I) i difenylocyanoarsyna (Clark II). W celu zminimalizowania negatywnego oddziaływania sternitów na organizm zwykle stosuje się metody polegające na usunięciu



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



pozostałości środka trującego poprzez przemycie skażonych miejsc oraz podawanie środków uspakajających, uśmierzających ból i zwalczających stany zapalne.

f) psychotoksyny – do nich zalicza się substancje powodujące zaburzenia psychiczne i upośledzenia w funkcjonowaniu centralnego układu nerwowego. Ich zadaniem nie jest zabicie, a jedynie obezwładnienie wroga. Podobnie jak w przypadku środków drażniących wyróżnia się tutaj dwie podgrupy: środki psychomimetyczne oraz psychotropowe. Celem środków psychomimetycznych jest wywołanie u przeciwnika przede wszystkim halucynacji, zaburzeń świadomości i osobowości oraz doprowadzenie do stanu nadmiernego podniecenia i euforii. Ponadto u osób będących pod wpływem środków psychomimetycznych zaobserwowano zaburzenia koordynacji ruchów. Środki psychotropowe natomiast głównie wpływają na nastrój przeciwnika. W wyniku ich działania staje się on senny, opieszły lub obojętny. Sposób działania środków psychotoksycznych zależy

od wielu czynników. Zależy zarówno od rodzaju i ilości użytego środka, a także od sposobu jego podania i predyspozycji organizmu człowieka. Głównie używane były w postaci aerozoli oraz jako trucizny dywersyjne. W celu zabezpieczenia się przed ich wpływem wystarczy zastosowanie masek przeciwgazowych, przeciwpłyłowych czy zwilżonych tamponów z gazy opatrunkowej. Do grupy tych związków zaliczają się np. LSD-25, psylocyбина i mekskalina.

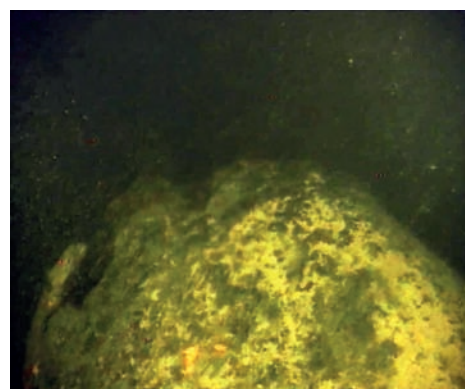
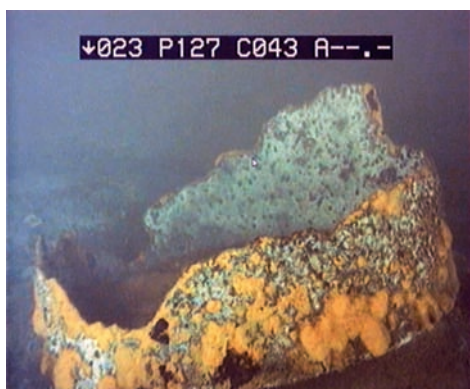
Stan techniczny amunicji chemicznej

Oceny stanu technicznego amunicji chemicznej zalegającej na dnie Morza Bałtyckiego dokonuje się głównie na podstawie badań właściwości metali zanurzonych w morzu oraz zgromadzonej dokumentacji fotograficznej obiektów podwodnych. Opierając się na pozyskanych danych i powstałych na ich podstawie modelach stwierdzono, że szybkość postępowania procesu korozji zależy nie tylko od aktywności chemicznej środków trujących, ale także od warunków śro-

dowiskowych, w których się znajdują. W przypadku bojowych środków trujących zalegających na dnie Morza Bałtyckiego decydującą rolę odgrywają takie czynniki jak: temperatura i zasolenie wód Bałtyku. W literaturze często wspomina się także o wpływie odczynu wód, jednak biorąc pod uwagę fakt, że pH wód przy dnie Morza Bałtyckiego jest względnie stałe i mieści się w granicach odczynu alkalicznego, w tym przypadku uznaje się, że nie odgrywa ono znaczącej roli w postępującym procesie korozji. Przy szacowaniu tempa korozji istotne jest także, czy amunicja chemiczna, beczki, kanistry znajdują się na powierzchni dna, czy mają one bezpośrednią styczność z wodą, czy też znajdują się pod warstwą osadów w warunkach beztlenowych [1]. Przeprowadzone dotychczas badania wykazały, że średnie tempo procesu korozji w Morzu Bałtyckim przy uwzględnieniu wyżej wymienionych czynników środowiskowych jest dość zróżnicowane i mieści się w granicach od 0,005 do 0,5 milimetra na rok. Na tej podstawie szacuje się, że

po okresie około 50 lat od momentu zatopienia, skorodowaniu powinno ulec od dwóch do trzech milimetrów metalowych ścianek broni chemicznej. W tej sytuacji ścianki bomb lotniczych grubości 3 mm, leżące na powierzchni dna już dawno uległy zniszczeniu, a BŚT zostały uwolnione do wód Bałtyku. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku grubościenniej amunicji chemicznej, takiej jak pociski artyleryjskie. Wówczas w kilkudziesięciomilimetrowych ściankach powstał kilkumilimetrowy ubytek ich pierwotnej grubości [11]. Uogólniając wyniki przeprowadzonych dotychczas badań można przyjąć, że metalowe ścianki amunicji chemicznej są skorodowane w około 80%. Na rysunku 3 przedstawiono zdjęcia obrazujące obecny stan broni chemicznej zatopionej w Bałtyku [1, 12].

Obiekty zalegające pod warstwą osadów dennych natomiast są w dobrym stanie technicznym ze względu na występujące tam warunki beztlenowe. Warunki te w znaczącym stopniu ograniczają postęp procesu korozji [1].



Rys. 3. Stan techniczny amunicji chemicznej zalegającej na dnie Morza Bałtyckiego



Podsumowując, tempo korozji jest różne i uzależnione od wielu czynników. Należą do nich m.in.: aktywność chemiczna bojowych środków trujących, rodzaj materiału korpusów i ich grubość oraz czynników środowiskowych. Uwzględniając wszystkie wymienione powyżej parametry, w trakcie badań laboratoryjnych i rozważań teoretycznych oceniono czas, w którym nastąpi całkowite uwolnienie środków trujących do środowiska morskiego. Szacuje się, że nastąpi ono w okresie 400 lat [9].

Literatura

[1] Kasperek T., *Broń chemiczna zatopiona w Morzu Bał-*

tyckim, Europejskie Centrum Edukacyjne, Toruń 1999.

[2] Filipek B., Olszański R., Harmata W., Siermontowski P., *Bojowe środki trujące w Morzu Bałtyckim*, Czasopismo Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hyperbarycznej, Gdynia 2014.

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

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

Protection Agency, Helsinki 1994.

[5] Andrulowicz E., Wielgat M., *Przewidywane losy amunicji chemicznej i bojowych środków trujących /BST/ zatopionych w Morzu Bałtyckim*, w: Materiały z sympozjum naukowego (22 kwietnia 1997 r.), Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 1998.

[6] Korzeniewski K., *Bojowe środki trujące i materiały wybuchowe na dnie Bałtyku*, w: Materiały z sympozjum naukowego (22 kwietnia 1997 r.), Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 1998.

[7] Pięta J., *Broń masowego rażenia*, Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa i Ochrony w Warszawie, Warszawa 2006.

[8] Wójcik P., *Na dnie Bałtyku czyha śmierć*, Środowisko, Dziennikarska Agencja Wydawnicza MAXPRESS, 2009.

[9] Witkiewicz Z., *1000 słów o chemii i broni chemicznej*, MON, Warszawa 1987.

[10] www.wordpress.com

[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] www.chemsea.eu

* Akademia Pomorska, Zakład Chemii Środowiskowej, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Słupsk, tel. 59 8405-422, e-mail: astel@apsl.edu.pl



THE LINDE GROUP

Linde

Skontaktuj się z nami:
Tel. +48.600.060.914

Gazy specjalne HiQ[®] w Twoim laboratorium.

Zielone światło dla sukcesu.

Wysoka czystość, dokładność przygotowania i pewność co do składu to podstawowe wymagania stawiane gazom laboratoryjnym. Odpowiedzią na te wymagania są gazy specjalne HiQ[®] – gazy czyste i wysokiej jakości mieszaniny gazowe, w tym również akredytowane mieszaniny kalibracyjne zgodnie z ISO 17025 i ISO Guide 34 oraz certyfikowane materiały odniesienia.

**HiQ[®]. Dla nas liczy się precyzja.
We wszystkim, co robimy.**

Linde Gaz Polska Sp. z o.o.
al. Jana Pawła II 41a, 31-864 Kraków
Telefon: +48.12.643.92.00
Fax: +48.12.643.93.00; www.linde.pl

HiQ[®] jest zarejestrowanym znakiem towarowym Grupy Linde.