

ZESZYTY NAUKOWE NR 9(81)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE

INLAND SHIPPING 2005

Barbara Kurc, Waldemar R. Trzeźniowski, Ewa Abramowska

**Zagrożenia pożarowo-wybuchowe podczas transportu
morskiego monomerów**

Słowa kluczowe: transport morski substancji niebezpiecznych, rozlewy monomerów,
ratownictwo morskie

Przedstawiono ilościowe zestawienie rozlewów substancji niebezpiecznych w latach 1992 – 1996 na akwenach pod jurysdykcją USA. Omówiono również właściwości fizykochemiczne najczęściej transportowanych drogą morską monomerów oraz propozycje neutralizacji rozlewów.

**Danger of Fire and Explosion During Maritime Transport of
Monomers**

Keywords: maritime transport of dangerous substances, spills of monomer substances,
rescue operations at sea

The work presents quantitative specification of spills of dangerous substances which took place in the years 1992 – 1996 on waters under US jurisdiction. The work also presents physical and chemical properties of monomers most often transported by sea as well as propositions of neutralizing the spills.

Wprowadzenie

Spośród różnych związków chemicznych transportowanych drogą morską szerokie zastosowanie mają produkty pochodzące z polimeryzacji, polikondensacji lub poliaddycji następujących monomerów: etylenu, acetylenu, chlorku i octanu winylu, styrenu, akrylonitrylu, metakrylanu metylu, butadienu. Potencjalne możliwości wystąpienia wypadków w trakcie przewozu tych chemikaliów wywołały potrzebę wypracowania strategicznego podejścia do ich rozlewów.

Statystyki prowadzone przez U.S. Coast Guard wykazały, że w latach 1992 – 1996 wystąpiły 423 wycieki substancji niebezpiecznych ze statków lub portowych instalacji, co daje około 85 incydentów rocznie. Łączna ilość rozlanych substancji to 7 500 ton, połowa z tego przypada na rozlewy kwasu siarkowego. Wśród najczęściej rozlanych substancji znajdują się:

- chemikalia rozpuszczające się w wodzie – kwas siarkowy, kwas azotowy, soda kaustyczna;
- chemikalia parujące i rozpuszczające się w wodzie – octan winylu, akrylonitryl;
- produkty pochodzenia petrochemicznego pływające i/lub parujące – benzen, toluen, styren.

W Europie Niemcy prowadzą podobną statystykę wypadków w tzw. strefie Bonn Agreement. W tabeli 1 podano rozlewy substancji niebezpiecznych, które wystąpiły na akwenach kontrolowanych przez Stany Zjednoczone.

Tabela 1

Rozlewy substancji niebezpiecznych na wodach pod jurysdykcją USA
w latach 1992 – 1996 [1]

Spills of dangerous substances on waters under US jurisdiction in the years 1992 – 1996 [1]

Nazwa związku chemicznego	Ilość rozlewów substancji niebezpiecznych (akweny USA)	Klasyfikacja związku chemicznego wg Europejskiego systemu klasyfikacji chemikaliów
Kwas siarkowy	86	D
Toluen	42	FE
Soda kaustyczna	35	D
Benzen	23	E
Styren	20	FE
Akrylonitryl	18	DE
Ksylen	18	FE
Octan winylu	17	FD
Kwas azotowy	12	D

Większość zgłoszonych wypadków miała miejsce podczas podróży morskiej, pozostałe w portach lub w ich pobliżu. Okoliczności tych wypadków zostały sklasyfikowane w dwóch grupach:

- wypadki związane z nawigacją, poprzedzone złymi warunkami pogodowymi, powodujące utratę ładunku, zatonięcie lub kolizję;
- wypadki połączone z inicjującym wydarzeniem na statku, takim jak: pożar, wybuch lub nieodpowiednia eksploatacja (balastowanie, zasztatowanie, wentylacja).

W tabeli 2 podano zestawienie rodzajów wypadków zaistniałych podczas transportu morskiego. Przedstawiono różnicę między dwoma formami transportu: transport w opakowaniach (38% wypadków) i luzem (62% wypadków).

Tabela 2

Przyczyny wypadków podczas różnych form transportu chemikaliów [1]
Causes of accidents during transport of various chemicals [1]

Przyczyny wypadków	Transport chemikaliów w opakowaniach	Transport chemikaliów luzem
Nawigacja i utrata ładunku	2	–
Wejście na mieliznę	–	3
Zatonięcie	1	2
Kolizja	1	4
Pożar	1	1
Wadliwa konstrukcja	–	2
Nieodpowiednia eksploatacja	2	1
Usuwanie substancji	1	0

Zagrożenia podczas transportu substancji ulegających niezamierzonej polimeryzacji

Zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi pochodzą głównie od transportowanych substancji niebezpiecznych (opary substancji szkodliwych oraz toksyczne gazy mogące wydzielać się w trakcie trudnych do przewidzenia reakcji, jak: cyjanowódz, fosgen, tlenki azotu, chlorowódz, acetylen, tlenki węgla).

Największe niebezpieczeństwo istnieje wówczas, gdy nie ma możliwości rozpoznania w ciągu pierwszych kilku godzin, produktów reakcji. Rozpoznanie zagrożeń jest trudne, szczególnie, gdy statki przewożą wiele różnorodnych chemikaliów.

W 1988 roku w czasie podróży morskiej załoga drobnicowca PLO m/s Józef Chelmoński z ładunkiem akrylanu metylu zaczęła odczuwać intensywny nieprzyjemny zapach ulatniający się z kontenerów oraz znaczne podwyższenie

stężenia szkodliwych gazów w otoczeniu ładunku. Po podjęciu akcji stwierdzono, że jedna z beczek z akrylanem była nieprawidłowo zasztauowana, nie posiadała żadnego zamocowania i prawidłowego oznakowania. Na skutek przesuwania, uderzania i ocierania nastąpiło uszkodzenie beczek i wyciek substancji niebezpiecznej. Uniemożliwiło to kontynuację podróży. Akrylan metylu przepakowano, oznakowano prawidłowymi nalepkami i ponownie zasztauowano. Dopiero wówczas statek mógł udać się w dalszą podróż [7]. Kosztami wylądunku i załadunku kontenerów został obciążony armator.

Inny wypadek zdarzył się na północ od wybrzeży Francji, na pokładzie chemikaliowca „Ievoli Sun”, należącego do armatora włoskiego. Statek przewoził ponad 6 000 ton substancji toksycznych, w tym 4 000 ton styrenu, 1 027 ton metyloetyloketonu, 996 ton alkoholu izopropylowego oraz 100 ton paliwa. Specjaliści z Francji i Wielkiej Brytanii zgodzili się, że metyloetyloketon oraz alkohol izopropylowy rozpuszczają się szybko w wodzie i nie stworzą większego zagrożenia. Natomiast prawdziwym zagrożeniem może być styren, bardzo toksyczny, korodujący, zapalny i nierozpuszczalny w wodzie związek. Rozlew styrenu wymagał więc monitorowania. Katastrofa miała miejsce 31 października 2000 roku, a operacje unieszkodliwienia rozlewu zakończono ostatecznie w czerwcu 2001 roku. Wrak chemikaliowca osiadł na dnie głębokiego na 160 metrów rowu Casquets.

Charakterystyka właściwości substancji niebezpiecznych występujących w transporcie morskim

Obecnie drogą morską przewożone są duże ilości chemikaliów niebezpiecznych zaliczanych do substancji mogących ulegać niezamierzonej polimeryzacji w czasie przewozu i powodujących takie zagrożenia, jak: pożar, wybuch, wydzielanie toksycznych i narkotycznych oparów oraz drażniących produktów powstałych w czasie pożaru.

Najczęściej przewożone są następujące substancje szkodliwe: akrylonitryl, styren, butadien, etylen, dwuchloroetylen, chlorek i octan winylu, akrylan i metakrylan metylu. Monomery te są surowcami do produkcji włókien i tworzyw syntetycznych oraz mają szerokie zastosowanie, na przykład w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym, odzieżowym, motoryzacyjnym, okrętowym i w budownictwie [10]. Polimery z octanu winylu są składnikami klejów i mas wiążących apretury. Polistyren znalazł szerokie zastosowanie jako tzw. styren piankowy, czyli styropian – izolator termiczny i nienasiąkliwy materiał wypełniający.

Z włókien polipropylenowych wykonuje się okrętowe liny cumownicze i zbieracze sorpcyjne do odzyskiwania olejów i niektórych chemikaliów z wód przybrzeżnych podczas rozlewów i katastrof ekologicznych.

Włókna akrylowe są włóknami najbardziej odpornymi na działanie chemikaliów, czynników zewnętrznych i pod wieloma względami przewyższają włókna naturalne. Włókna z polichloru winylu są trwałe i wygodne w użytkowaniu. Cechuje je niepalność, wysoka odporność na wchłanianie wody, odporność na działanie chemikaliów i czynników atmosferycznych.

W tabeli 3 przedstawiono kilka wybranych monomerów występujących w transporcie morskim, podano ich nazwy z Kodeksu IMDG, nazwy zgodne z zaleceniami International Union of Pure and Applied Chemistry (YUPAC), numery ONZ i klasyfikację oraz charakterystykę zagrożeń, a w tabeli 4 – właściwości fizykochemiczne niezbędne do sklasyfikowania substancji w odpowiednie grupy według Europejskiego systemu klasyfikacji chemikaliów.

Tabela 3

Wybrane substancje szkodliwe występujące w transporcie morskim [3, 5]
Selected noxious substances occurring in marine transport [3, 5]

Nazwa substancji chemicznej wg Kodeksu IMDG	Inne nazwy	Nazwa wg nomenklatury YUPAC	Nr ONZ (klasa) wg Kodeksu IMDG	Charakterystyka i zagrożenia substancji niebezpiecznych
1	2	3	4	5
Butadien-1,3 inhibitowany	dwuwinył, erytren	1,3-butadiene	1010 (2.1)	łatwo palny, drażniący, cięższy od powietrza gaz
Etylen, schłodzony ciekły	eten	ethylene	1038 (2.1)	substancja w postaci ciekłej ma właściwości duszące; kontakt z ciekłym etylenem powoduje odmrożenia
Winyłu chlorek, inhibitowany	chlorek winyłu, chloroetylen, chloroeten	chloroethene	1086 (2.1)	palny, toksyczny, rakotwórczy gaz, cięższy od powietrza
Akrylo nityl inhibitowany	nityl kwasu akrylowego; cyjanek winyłu	2-propenenitrile	1093 (3.1)	ciecz o zapachu eterycznym, palna, dusząca, toksyczna
Allilowy alkohol	propan-2-ol-1; winylo karbinol; y – hydroksyl propylen	2-propene-1-ol	1098 (3.2)	palna, silnie drażniąca, ostra o zapachu musztardy cieciz; pary cięższe od powietrza
Dwuchloroetylen	1,2-dwuchloroeten	1,2-dichloroethene	1150 (3.2)	łatwo palna, drażniąca, słodkawa, cieciz; pary cięższe od powietrza

Tabela 3 cd.

1	2	3	4	5
Metylu akrylan, inhibitowany	ester metylowy kwasu akrylowego	methyl acrylate	1919 (3.2)	łatwo palna, lotna ciecz o działaniu naktycznym; migruje z opakowań do żywności; spala się z prędkością zbliżoną do prędkości spalania benzyny
Metakrylan metylu	ester metylowy kwasu metakrylowego	methyl-2-methyl-2-propenoate	2277 (3.2)	łatwo palna ciecz o zapachu kwiatowym, ulega polimeryzacji w szklaną masę
Winyłu octan inhibitowany	ester winylowy kwasu octowego	acetic acid vinyl ester	1301 (3.2)	łatwo palna ciecz, w wysokich stężeniach działa narkotycznie
Inflamable liquid N.O.S.*	p-chlorostyren p-chloro-winylobenzen	4-chloro-1-ethenyl benzene	1993 (3.3)	łatwo palna, aromatyczna, drażniąca ciecz; pary cięższe od powietrza
Styren, monomer, inhibitowany	fenyloetylen	ethenyl-benzene	2055 (3.3)	łatwo palna, dająca objawy narkotyczne ciecz; przypuszczalnie rakotwórcza; pary cięższe od powietrza
Akrylowy kwas inhibitowany	kwas propenowy; kwas etylenokarboksyłowy; kwas winylokarboksylowy	2-propenoic acid	2218 (8)	palna ciecz; pary cięższe od powietrza

* not otherwise specified.

Wymienione w tabelach 3 i 4 substancje niebezpieczne są w większości cieczami o aromatycznych, drażniących, mdłych zapachach. Prawie wszystkie wywołują podrażnienia dróg oddechowych, łzawienia oczu, podniecenie, uczucie lęku. Podczas magazynowania i transportu, mogą już w warunkach normalnych lub pod wpływem promieniowania UV i podwyższonej temperatury oraz niektórych związków nieorganicznych i organicznych ulegać niekontrolowanej polimeryzacji.

Reakcje polimeryzacji oraz pożary mogą prowadzić do wybuchu i rozerwania zbiorników lub opakowań, wydostania się toksycznej substancji

na zewnątrz, a pary tych monomerów utworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Unoszące się pary monomerów mogą polimeryzować w otworach wentylacyjnych i poważnie je uszkadzać, utrudniając właściwą wentylację.

Tego rodzaju chemikalia reagują niebezpiecznie z kwasami, ługami, utleniaczami, nadtlenkami, niektórymi metalami, związkami organicznymi, wydzielając przy tym toksyczne i wybuchowe gazy. Na przykład 1,2-dichloroeten reaguje z miedzią i jej stopami, wydzielając wybuchowy gaz chloroacetylen.

1,3-butadien łatwo polimeryzuje w kontakcie z nadtlenkami, utleniaczami, alkaliami, chlorkami metali, fenolem. Chlorek winylu przy działaniu tlenu z powietrza tworzy niestabilne wybuchowe polinadtlenki. Akrylonitryl i alkohol allilowy są truciznami, a niektóre (akrylonitryl i styren) są prawdopodobnie rakotwórcze. Przebywanie w atmosferze zawierającej ich pary, może prowadzić do ciężkich zatruc, a nawet śmierci.

Tabela 4

Właściwości fizykochemiczne związków chemicznych (monomerów) [4, 5, 6]
Physico-chemical properties of chemical compounds (monomers) [4, 5, 6]

Nazwa substancji niebezpiecznej	Rozpuszczalność w wodzie [% wag]	Gęstość w 20°C [g/cm ³]	Lepkość [mPa s]	Prężność par w 20°C [hPa]	Ciepło parowania [J/g]
Butadien, inhibitowany	0,05	2,480 (gaz)	0,0085	245	417,8
Etylen, schłodzony, ciekły	25,6	0,567	nie podano	5,12	483,2
Winyłu chlorek inhibitowany	0,10	3,010 (gaz)	0,0105	0,34	334,3
Akrylonitryl, inhibitowany	7,35	0,806	0,3400	119	615,0 (t _{wrz})
Allilowy alkohol	nieograniczona	0,850	1,4860	24,0	688,4
Dwuchloroetylen cis	0,35	1,280	0,4670	216	312,0
Dwuchloroetylen trans	0,63	1,260	0,4010	350	298,2
Metylu akrylan, inhibitowany	5,20	0,954	nie podano	90,7	485,8
Metakrylan metylu	1,59	0,943	nie podano	38,7	359,7
Winyłu octan, inhibitowany	2,44	0,930	nie podano	-	399,0
Inflamable liquid N.O.S.	brak danych	1,155	brak danych	brak danych	brak danych
Styren, monomer, inhibitowany	0,031	0,900	-	7,3	371,9 (twrz)
Akrylowy kwas, inhibitowany	nieograniczona	1,050	1,25	10,44	517,1

Zagrożenia pożarowo-wybuchowe monomerów

Szczególnym zagrożeniem obok niezamierzonej polimeryzacji jest wydzielanie się, podczas pożarów zbiorników lub opakowań, toksycznych produktów spalania, takich jak: tlenek węgla, chlorowódor, cyjanowódor, fosgen. Są to związki trujące, drażniące. W zależności od stężenia mogą w różny sposób oddziaływać na organizm ludzki. Akrylonitryl w czasie pożaru może wydzielać trujący cyjanowódor, a jego maksymalna zawartość w powietrzu nie może przekroczyć 10 mg w 1 m³ (najwyższe dopuszczalne stężenie – NDS), podobną wartość NDS ma octan winylu. Wyraźnie większe NDS (około 100 mg/m³) mają butadien i styren. Ubytek tlenu w powietrzu, na skutek zawartości toksyn, może prowadzić do obezwładnienia, a nawet śmierci człowieka.

Tabela 5

Zagrożenia pożarowo – wybuchowe substancji ulegających polimeryzacji podczas transportu morskiego [5]
Fire and explosion threats from substances subject to polymerization during marine transport [5]

Nazwa substancji chemicznej	Temperatura zapłonu [°C]	Temperatura samozapłonu [°C]	Granice wybuchowości dolna – górna [% obj.]	Produkty spalania
1	2	3	4	5
Butadien inhibitowany	nie dotyczy (gaz)	415	1,1 – 12,5	dwutlenek węgla, woda
Etylen schłodzony inhibitowany	nie podano	425	2,7 – 34,0	dwutlenek węgla, woda
Winyłu chlorek inhibitowany	nie dotyczy (gaz)	472	3,6 – 33,0	dwutlenek węgla, woda, chlorowódor, fosgen
Akrylonitryl inhibitowany	– 5	481	3,0 – 17,0	cyjanowódor (silnie toksyczny gaz)
Allilowy alkohol	21	375	2,5 – 18,0	dwutlenek węgla, woda
Dwuchloroetylen (cis)	4	335	9,7 – 12,8	dwutlenek węgla, woda, chlorowódor, fosgen
Dwuchloroetylen (trans)	2	460	9,7 – 12,8	dwutlenek węgla, woda, chlorowódor, fosgen
Metylu akrylan inhibitowany	– 3	415	2,8 – 25,0	dwutlenek węgla, woda

Metakrylan metylu inhibitowany	10	430	2,1 – 12,5	dwutlenek węgla, woda
Winyłu octan inhibitowany	– 8	426,6	2,6 – 13,4	dwutlenek węgla, woda
Inflamable liquid inhibitowany N.O.S.	60	brak danych	brak danych	dwutlenek węgla, woda, chlorowódór
Styren, monomer, inhibitowany	31	490	1,1 – 6,1	dwutlenek węgla, woda
Akrylowy kwas, inhibitowany	47	374	5,5 – 26,0	dwutlenek węgla, woda

Statystyki wskazują, że tylko 3 – 4% ludzi ginie w wyniku bezpośredniego oddziaływania płomienia na organizm ludzki, natomiast około 80% ponosi śmierć w wyniku oddziaływania gazów toksycznych wydzielających się podczas rozkładu substancji niebezpiecznych.

W tabeli 6 przedstawiono sposób oddziaływania toksyn na organizm ludzki.

Tabela 6

Wpływ wydzielających się podczas pożaru toksyn na organizm człowieka [8]

Effect of toxins issuing during fires on human organism [8]

Toksyny wydzielające się podczas pożaru	Czas ekspozycji 5 minut		Czas ekspozycji 30 minut	
	stężenie toksyn prowadzące do obozwładnienia	stężenie toksyn prowadzące do śmierci	stężenie toksyn prowadzące do obozwładnienia	stężenie toksyn prowadzące do śmierci
CO	6000 – 8000 [ppm]	12 000 – 16 000 [ppm]	1400 – 1700 [ppm]	2500 – 4000 [ppm]
CO ₂	7 – 8 [%]	powyżej 10 [%]	6 – 7 [%]	powyżej 9 [%]
Ubytek tlenu	10 – 13 [%]	poniżej 5 [%]	poniżej 12 [%]	6 – 7 [%]

Małe pożary powstałe po wybuchu i rozerwaniu opakowań zawierających substancje ulegające polimeryzacji można gasić gaśnicą proszkową lub śniegową (dwutlenek węgla).

Akrylan metylu spala się z prędkością zbliżoną do prędkości spalania benzyny, lecz nieco mniejszym płomieniem. Temperatura w odległości 3 metrów dochodzi do 98°C, a w odległości 6 metrów do 50°C. Duże pożary (rozlewiska, wycieki) zaleca się gasić pianą lub prądami wodnymi rozproszonymi z bezpiecznej odległości. Zbiorniki narażone na działanie ognia lub wysokiej temperatury chłodzi się wodą aż do całkowitego ugaszenia pożaru. Jeśli to możliwe, zbiorniki lub opakowania należy usunąć z obszarów zagrożenia (niebezpieczeństwo wybuchu) i w dalszym ciągu zraszać wodą aż do maksymalnego schłodzenia.

Na obszarze zagrożonym wybuchem w pierwszej kolejności należy usunąć źródła zapłonu. Unikać bezpośredniego kontaktu z uwalniającą się substancją. Pary należy rozcieńczać prądami wodnymi rozproszonymi. Jeśli to możliwe trzeba zlikwidować wyciek – zamknąć dopływ cieczy i uszczelnić. Uszkodzone opakowania należy umieścić w hermetycznych zbiornikach ochronnych. W razie dużego wycieku miejsce gromadzenia się cieczy obwałować, zebraną ciecz odpompować, małe ilości rozlanej cieczy przysypać niepalnym materiałem sorpcyjnym i zebrać do zamykanego pojemnika.

Neutralizacja rozlewów

W pierwszej kolejności należy dokładnie oznakować miejsca rozlewów. Rozprzestrzenianie się chemikaliów rozpuszczalnych w wodzie powinno być monitorowane różnymi typami przenośnych przyrządów, jak: spektrometry, pH-metry, konduktometry. Monitoring powinien być prowadzony przez badanie próbek pobranych z pokładu statku, jak również za pomocą zanurzonego sensora z transferem i ciągłym zapisem lub wyświetlaniem wyników pomiarów na statku. Rozlewy należy monitorować mając na uwadze kierunek i siłę wiatru.

Tabela 7

Propozycje neutralizacji rozlewów substancji niebezpiecznych ulegających polimeryzacji [5, 11]

Suggestions for neutralizing spills of dangerous substances subject to polymerization [5, 11]

Nazwa substancji niebezpiecznej	Zagrożenia podczas magazynowania i transportu morskiego	Metody neutralizacji rozlewów chemikaliów
Butadien Etylen schłodzony Winyłu chlorek Akrylonitryl Allilowy alkohol Dwuchloroetylen Metylu akrylan Metakrylan metylu Winyłu octan Inflammable liquid N.O.S. Styren Akrylowy kwas	ciecze najczęściej o zapachu aromatycznym, drażniące, żrące, pod wpływem UV i podwyższonej temperatury mogą ulegać nie kontrolowanej polimeryzacji. Ciecze wydzielające toksyczne produkty podczas spalania oraz ich pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe, niektóre z nich są cięższe od powietrza i stwarzają dodatkowe zagrożenie.	Pałące się zbiorniki schładzać zimną wodą z bezpiecznej odległości. O ile to możliwe usunąć zbiorniki z obszaru zagrożenia. Należy odczekać, aż rozlana ciecz sama wypali się. Zbiorniki lub rozlewy gasić pianą lub rozproszonymi prądami wodnymi. Nie stosować zwartych strumieni wodnych. Unikać bezpośredniego kontaktu z uwalniającą się cieczą. Małe wycieki traktować niepalnymi materiałami chłonnymi. Niektóre rozlewy można dodatkowo neutralizować. Na przykład akrylonitryl za pomocą 20% FeSO ₄ i 10% NaOH (w proporcji 1:1) lub mieszaniny 5 – 10% podchlorynu sodu i 5% NaOH; octan winyłu za pomocą 15% HCl; akrylan metylu – 10% NaOH, a po 4 – 5 godzinach skażone powierzchnie zmyć wodą.

Wnioski

Substancje mogące ulegać polimeryzacji w zamkniętych zbiornikach, podczas magazynowania i transportu wymagają inhibitorów, to jest dodatków zapobiegających niezamierzonej polimeryzacji. Na przykład do stabilizacji butadienu-1,3 stosuje się jako inhibitor p-tert-butylopirokatechinę, do kwasu akrylowego – hydrochinon lub p-metoksyfenol, do chlorku winylu – fenol lub hydrochinon [10].

Na specjalistycznych statkach przewożących niebezpieczne chemikalia, mimo stosowanych zabezpieczeń, zawsze występuje potencjalne ryzyko [2, 9]:

- zanieczyszczenia środowiska morskiego,
- pożarów i wybuchów,
- toksycznego oddziaływania par monomerów i ewentualnych produktów spalania,
- oddziaływania rakotwórczego niektórych monomerów,
- uszkodzenia statku w przypadku zniszczenia oryginalnego opakowania lub awaryjnego uszkodzenia zbiornika czy instalacji ładunkowej.

W związku z wysokim ryzykiem wynikającym z właściwości fizykochemicznych monomerów podczas sztauowania, należy uwzględnić zasady podane w tabelach dozwolonego sąsiedztwa, które zawarte są w Kodeksie IMDG.

Literatura

1. Graczyk T., Piskorski Ł., Siemianowski R.: *Ochrona środowiska morskiego przed zanieczyszczeniami z obiektów oceanotechnicznych*. Politechnika Szczecińska, Szczecin 2001.
2. Herdzik J.: *Ocena zagrożeń oddziaływania toksycznego przewożonego ładunku na załogi specjalistycznych statków, szczególnie produktowców*. Budownictwo Okrętowe, 2004 nr 6.
3. *International Maritime Dangerous Goods Code Volume 1–2 + Supplement*. IMO, London 2002.
4. *Karty charakterystyk substancji niebezpiecznych*. Wyd. Polskie Odczynniki Chemiczne S.A., Gliwice 2002/2004.
5. *Karty charakterystyk substancji niebezpiecznych*. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2001.
6. *Międzynarodowe karty bezpieczeństwa chemicznego*. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1993.

7. Plewiński L.: *Zagrożenia związane z przewozem chemikaliów w kontenerach*. Spedycja i Transport, 2000 nr 4.
8. Pofit – Szczepańska M., Półka M.: *Zabójcze produkty spalania*. Przegląd Pożarniczy, 2004 nr 7.
9. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 maja 2003 r. w sprawie przekazywania informacji przez armatora statku przewożącego ładunki niebezpieczne lub zanieczyszczające*.
10. Szlezyngier W.: *Tworzywa sztuczne*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1996.
11. *Zasady postępowania ratowniczego*. Praca pod redakcją R. Grosset. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 1997, (przewodnik).

Wpłynęło do redakcji w grudniu 2005r.

Recenzent

dr hab. prof. US Henryk Gurgul

Adres Autorów

mgr inż. Barbara Kurc

dr hab. inż. Waldemar R. Trzeźniowski, prof. AM

dr inż. Ewa Abramowska

Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii

Zakład Chemii

Akademia Morska w Szczecinie

ul. Wały Chrobrego 1/2

70 – 500 Szczecin

tel.: (091) 48-09-567

e-mail: zch@am.szczecin.pl