

prof. dr hab. med. KONRAD
RYDZYŃSKI
mgr EWA KUCHARCZAK
Instytut Medycyny Pracy
im. prof. dr. med. Jerzego Nofera
90-950 Łódź
ul. św. Teresy 8

Pentafluorek bromu

Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego*

NDS: 0,5 mg/m³
NDSCh: 1 mg/m³
NDSP: –
C – substancja o działaniu żrącym

Data zatwierdzenia przez Zespół Ekspertów: 24.06. 1998
Data zatwierdzenia przez Komisję ds. NDS i NDN: 25.06.1999

Słowa kluczowe: pentafluorek bromu, działanie drażniące, wartości normatywne.

Key words: bromine pentafluoride, irritation effects, exposure limits.

Pentafluorek bromu (BrF₅) jest bezbarwną lub jasnożółtą cieczą. Powyżej temperatury wrzenia (40,3 °C) występuje w postaci bezbarwnego gazu o ostrym, gryzącym zapachu i żrących właściwościach. Jest silnie reaktywny – reaguje ze wszystkimi znanymi substancjami chemicznymi z wyjątkiem azotu, tlenu i gazów szlachetnych; gwałtownie i wybuchowo reaguje z wodą i związkami organicznymi.

Pentafluorek bromu jest produkowany na skalę przemysłową w reakcji bromu i fluoru w temperaturze 200 °C w żelaznych lub miedzianych naczyniach. Jest stosowany w syntezach organicznych jako silny czynnik fluoryzujący, głównie do produkcji fluoropochodnych węglowodorów. Stosowany także jako utleniacz w paliwie rakietowym. W niewielkiej ilości powstaje podczas produkcji trójfluorku bromu. Narażenie na pary pentafluorku bromu występuje w procesie produkcji oraz przy stosowaniu substancji do syntez organicznych.

Kontakt ciekłego pentafluorku bromu lub jego par zeskórą lub oczami powoduje głębokie, bolesne i długotrwałe oparzenia. Krótkotrwałe narażenie inhalacyjne na związek o dużych stężeniach powoduje poważne uszkodzenia w układzie oddechowym, podobne do uszkodzeń wywołanych narażeniem na fosgen. Krótkotrwałe narażenie na związek o małych stężeniach powoduje łzawienie i trudności w oddychaniu już po kilku minutach. Skutki narażenia na pary pentafluorku bromu w postaci obrzęku płuc mogą być oddalone w czasie o 24 do 48 h. Nie ma

* Wartości normatywne pentafluorku bromu są zgodne z rozporządzeniem ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. DzU nr 217, poz. 1833.

W normach: PN-74/2-04093/01, PN-75/Z-04093/02 i PN-82/Z-04093/03 określono metody oznaczania stężenia pentafluorku bromu w powietrzu na stanowiskach pracy.

informacji w dostępnym piśmiennictwie o wielkości stężeń pentafluorku bromu, które powodują pojawienie się wymienionych objawów.

Pentafluorek bromu w warunkach narażenia zawodowego jest wchłaniany w drogach oddechowych. W płucach pod wpływem wody dysocjuje szybko do fluorowodoru i w tej postaci jest transportowany do wszystkich tkanek organizmu. Wydalanie jonów fluorkowych odbywa się z moczem.

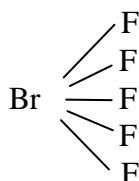
W dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji na temat badań dotyczących działania toksycznego pentafluorku bromu na zwierzęta laboratoryjne. Prezentowane dane eksperymentalne dotyczą trifluorku chloru, związku o podobnej reaktywności co BrF_3 . Działanie obu tych substancji jest podobne, ponieważ w kontakcie z wodą tworzą kwas fluorowodorowy dysocjujący z wytworzeniem jonu fluorkowego, którego silna reaktywność jest przyczyną działania drażniącego, szczególnie silnego w miejscach kontaktu z substancją, a więc w drogach oddechowych, skórze i oku. W tkankach jon fluorkowy może m.in. powodować zaburzenia gospodarki wapniowej, niszczyć strukturę błon komórkowych przez wiązanie się z wapniem oraz ograniczać aktywność wielu enzymów.

Proponujemy przyjęcie wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) dla pentafluorku bromu analogicznej do przyjętej dla fluorowodoru, czyli $0,5 \text{ mg/m}^3$ oraz wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego (NDSCh) równej 1 mg/m^3 , co ograniczy możliwość występowania objawów nadwrażliwości oskrzeli na fluorki nieorganiczne, w tym HF. Przyjęcie zaproponowanej wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego powinno zabezpieczyć pracowników przed działaniem drażniącym związku na układ oddechowy, skórę i oko oraz przed możliwością wystąpienia zmian kostnych.

CHARAKTERYSTYKA SUBSTANCJI, ZASTOSOWANIE, NARAŻENIE ZAWODOWE

Ogólna charakterystyka substancji (TLVs... 1996; CHEMINFO 1997; RTECS 1997):

– wzór strukturalny



– wzór sumaryczny

BrF_5

– nazwa polska

pentafluorek bromu

– nazwa wg CAS

bromine pentafluoride

– numer CAS

7789-30-2

– numer RTECS

EF 9350000

– synonimy

pięciofluorek bromu.

Właściwości fizykochemiczne (TLVs... 1996; CHEMINFO 1997; RTECS 1997):

– postać

bezbarwna lub jasnożółta ciecz, powyżej temperatury wrzenia ($40,3 \text{ }^\circ\text{C}$) występuje w postaci bezbarwnego gazu o ostrym, gryzącym zapachu i żrących właściwościach

– masa cząsteczkowa

174,92

– temperatura topnienia

$-60,5 \text{ }^\circ\text{C}$

– temperatura wrzenia

$40 \text{ }^\circ\text{C}$

– prężność par (w temp. $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

328 mmHg

– gęstość par (w temp. $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

6,0 (powietrze = 1)

– reaktywność:	silnie reaktywny, reaguje ze wszystkimi znanymi substancjami chemicznymi z wyłączeniem azotu, tlenu i gazów szlachetnych; gwałtownie i wybuchowo reaguje z wodą i związkami organicznymi. Chociaż sam jest niepalny pod wpływem ognia rozkłada się z wytworzeniem fluorowodoru i, często w obecności innych substancji, bromowodoru
– zapach	ostry, gryzący
– próg zapachowy	nieznany
– temperatura zapłonu	niepalny
– granice wybuchowości	brak danych
– współczynniki przeliczeniowe:	1 ppm = 7,2 mg/m ³ ; 1 mg/m ³ = 0,139 ppm.

Otrzymywanie, zastosowanie, narażenie zawodowe (TLVs... 1996; CHEMINFO 1997; RTECS 1997):

Pentafluorek bromu jest produkowany na skalę przemysłową w reakcji bromu i fluoru w temperaturze 200 °C w żelaznych lub miedzianych naczyniach. Jest stosowany w syntezach organicznych jako silny czynnik fluoryzujący, głównie do produkcji fluoropochodnych węglowodorów. Stosowany także jako utleniacz w paliwie raketowym. W niewielkiej ilości powstaje podczas produkcji trójfluorku bromu.

Narażenie na pary pięciofluorku bromu występuje w procesie produkcji oraz przy stosowaniu substancji do syntez organicznych.

DZIAŁANIE TOKSYCZNE NA LUDZI

Obserwacje kliniczne. Zatrucia ostre

Kontakt ciekłego pentafluorku bromu lub jego par ze skórą lub oczami powoduje głębokie, bolesne i długotrwałe oparzenia (TLVs... 1996; CHEMINFO 1997). Krótkotrwałe narażenie inhalacyjne o dużych stężeniach powoduje poważne uszkodzenia w układzie oddechowym, podobne do uszkodzeń wywołanych narażeniem na fosgen. Krótkotrwałe narażenie o mniejszych stężeniach powoduje łzawienie i trudności w oddychaniu już po kilku minutach. Skutki narażenia na pary pentafluorku bromu w postaci obrzęku płuc mogą być oddalone w czasie o 24 do 48 h (Horn, Weir 1956). W cytowanym piśmiennictwie nie ma jednak informacji o wielkości stężeń pentafluorku bromu.

Obserwacje kliniczne. Zatrucia przewlekłe

W dostępnym piśmiennictwie nie ma danych świadczących o toksyczności przewlekłej pentafluorku bromu u ludzi.

Badania epidemiologiczne

W dostępnym piśmiennictwie nie ma badań epidemiologicznych ludzi pracujących w narażeniu na pentafluorek bromu.

DZIAŁANIE TOKSYCZNE NA ZWIERZĘTA

Toksyczność ostra

W dostępnej literaturze nie ma danych o toksyczności ostrej pentafluorku bromu u zwierząt doświadczalnych. Jedyne dostępne dane dotyczą trifluorku chloru, związku o podobnej reaktywności.

Horn i Weir (1955; 1956) opisali w swoich pracach toksyczność ostrą trifluorku chloru u szczurów i psów. Grupę liczącą dwadzieścia szczurów narażono inhalacyjnie na trifluorek chloru o stężeniach: 3456; 691 i 151 mg/m³ (480; 96 i 21 ppm). Na związek o najmniejszym stężeniu (151 mg/m³) narażano dwa psy. Grupę kontrolną tworzyło dwadzieścia szczurów i dwa psy. Szczury narażane na związek o stężeniu 3456 mg/m³ (480 ppm) były od razu pobudzone. Po dwóch minutach u niektórych wystąpił wyciek wodnisty z nosa. Po czterech minutach zwierzęta z trudem chwyciły powietrze. Po pięciu minutach widoczne było podrażnienie oczu spowodowane właściwościami substancji. Po dziewiętnastu minutach u wszystkich zwierząt wystąpił ślinotok i objawy głębokiego stresu, po siedemdziesięciu minutach od rozpoczęcia narażenia wszystkie zwierzęta padły, a wcześniej obserwowano u zwierząt drgawki i śpiączkę.

Po narażeniu na związek o stężeniu 691 mg/m³ (96 ppm) obserwowano wszystkie wymienione objawy, ale ich pojawianie się było wolniejsze. Po 4,5 h przerwano narażenie, a wszystkie zwierzęta padły w trakcie lub krótko po zakończeniu narażenia.

Grupę liczącą dwadzieścia szczurów i dwa psy narażano na trifluorek chloru o stężeniu 151 mg/m³ (21 ppm) przez 2 dni, 6 h dziennie. Po około 10 min od rozpoczęcia narażenia u psów obserwowano silne łzawienie. Podczas pierwszego dnia narażenia oba psy wymiotowały niewielką ilością śluzowej wydzieliny i miały podwyższoną częstość oddechu. Po zakończeniu narażenia pierwszego dnia zwierzęta nie chciały jeść i trzymały oczy ściśle zamknięte. U szczurów notowano obecność wydzieliny z nosa i łzawienie. Następnego dnia narażenia zanotowano te same skutki co dnia poprzedniego. Po kilku dniach objawy cofnęły się u wszystkich zwierząt, z wyjątkiem jednego psa, u którego pojawiło się owrzodzenie rogówki.

Toksyczność podprzewlekła i przewlekła

Podobnie jak w przypadku toksyczności ostrej nie ma doniesień w dostępnym piśmiennictwie o skutkach toksyczności przewlekłej i podprzewlekłej pentafluorku bromu. O skutkach narażenia możemy natomiast wnioskować na podstawie publikacji *Horna i Weira* (1955; 1956).

Dwadzieścia szczurów (samców) oraz dwa psy narażano inhalacyjnie na trifluorek chloru o stężeniu 37 mg/m³ (5,15 ppm) przez 6 tygodni, 6 h dziennie, 5 dni w tygodniu. Podczas pierwszego narażenia obserwowano u psów ślinotok, łzawienie i wodnisty wyciek z nosa oraz kaszel i kichanie. U szczurów nie obserwowano zmian. W drugim dniu narażenia u psów pojawiły się te same symptomy co dnia poprzedniego – podrażnienie oczu nasiliło się, a zwierzęta miały przymknięte powieki przez cały czas trwania narażenia. U szczurów odnotowano niepokój, ślinotok i wodnistą wydzielinę z nosa. Trzeciego dnia obserwowano kaszel, kichanie, łzawienie, ślinotok i wydzielinę z nosa już po 10 min od rozpoczęcia narażenia. Pod koniec dnia wszystkie narażane zwierzęta wykazywały oznaki depresji behawioralnej, a u szczurów pojawiło się podrażnienie okolic błon śluzowych pyska i nosa. Takie objawy utrzymywały się przez kolejne dni. Siódmego dnia u psów pojawił się mleczny wysięk z oczu, wymioty o niewielkim nasileniu oraz oznaki duszenia się. U szczurów obserwowano zabarwiony krwią

wysięk wokół nosa, a oznaki depresji pogłębiły się. Siedemnastego dnia narażenia u jednego z psów wystąpiły objawy zapalenia płuc i następnego dnia pies padł. Drugi pies padł w 26. dniu narażenia z powodu zapalenia płuc. U szczurów obserwowano nasilenie kichania, ślinotoku i wydzieliny z nosa. Sierść zwierząt była matowa i pozbawiona koloru, a miejscami skóra była pozbawiona włosów. Narażenie zakończono 43. dnia z powodu złego stanu zwierząt.

Skutki przewlekłego narażenia inhalacyjnego szczurów i psów na pary trifluorku chloru opisali *Horn* i *Weir* (1955; 1956). Grupę zwierząt składającą się z dwóch psów i dwudziestu szczurów (samców) narażano na pary trifluorku chloru o stężeniu 8,42 mg/m³ (1,17 ppm) przez 6 miesięcy, 6 h dziennie, 5 dni w tygodniu. W pierwszych dniach narażenia u psów wystąpiło łzawienie, ślinotok i wodnista wydzielina z nosa oraz sporadycznie kaszel. U szczurów w tym czasie nie obserwowano żadnych widocznych skutków narażenia. Dziewiątego dnia narażenia szczury po 10 min wykazywały oznaki depresji utrzymującej się do zakończenia narażenia. Depresja zwierząt utrzymywała się podczas następnych eksperymentów. Wokół nozdrzy pojawiła się podbarwiona krwawo wydzielina. Pierwszy szczur padł w 36. dniu narażenia, a cztery następne między 71. a 178. dniem narażenia.

Od 15. dnia narażenia psy odkrztuszały śluzową wydzielinę zabarwioną jasno-czerwoną krwią. Po 28. dniu zwierzęta trzymały oczy przymknięte i miały przyspieszony oddech. Wyciek z nosa, łzawienie i ślinotok utrzymywały się po zakończeniu każdego narażenia, a 63. dnia narażenia u jednego z psów rozwinęły się objawy zapalenia płuc. U drugiego psa zapalenie płuc rozwinęło się po 67. dniu narażenia. Zwierzętom podano penicylinę. Później objawy zapalenia płuc pojawiły się u pierwszego psa w 111. dniu narażenia, a 115. dnia pies padł. U drugiego psa, który przeżył narażenie, zanotowano łzawienie, wydzielinę z nosa, ślinotok, sporadycznie kaszel oraz kichanie i przymknięcie oczu.

Na podstawie wyników badań sekcyjnych psów i szczurów stwierdzono, że zapalenie płuc spowodowało padnięcie zwierząt.

ODLEGŁE SKUTKI DZIAŁANIA TOKSYCZNEGO

Działanie rakotwórcze na ludzi

W dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji o działaniu rakotwórczym pentafluorku bromu na ludzi.

Działanie rakotwórcze na zwierzęta

W dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji o działaniu rakotwórczym pentafluorku bromu na zwierzęta doświadczalne.

Działanie mutagenne i genotoksyczne

W dostępnym piśmiennictwie nie ma doniesień o działaniu mutagennym i genotoksycznym pentafluorku bromu.

Działanie na rozrodczość

W dostępnym piśmiennictwie nie ma doniesień o wpływie pentafluorku bromu na rozrodczość.

TOKSYKOKINETYKA

Wchłanianie, rozmieszczenie, metabolizm oraz wydalanie

Pentafluorek bromu w warunkach narażenia zawodowego jest wchłaniany w drogach oddechowych.

Tabela 1.

Rozmieszczenie jonów fluorkowych w tkankach szczurów po 30-minutowym narażeniu inhalacyjnym na pentafluorek bromu (500 ppm), po zakończeniu narażenia (Dost i in. 1970)

Tkanka	Zawartość jonów fluorkowych w tkankach szczurów po narażeniu, ug F/mg tkanki			
	Czas po zakończeniu narażenia, h			
	0	2	6	20
Surowica	7,8	6,5	5,0	3,7
Erytrocyty	3,3	3,2	2,3	2,1
Kości	300	319	367	353
Płuca	5,9	7,3	3,6	2,0
Nerki	5,8	5,9	5,0	2,6
Wątroba	4,5	4,1	4,4	1,7
Śledziona	5,1	6,3	5,4	3,3
Serce	4,4	4,6	3,0	2,1
Mięśnie szkieletowe	3,7	5,0	3,4	2,4
Żołądek	15,0	8,7	8,3	5,4
Jelito cienkie	6,5	6,0	5,6	6,0
Jelito ślepe	6,2	4,3	4,5	4,2
Jelito grube	6,0	4,4	4,5	6,9

W płucach BrF_5 dysocjuje pod wpływem wody i w tej postaci jest szybko transportowany do wszystkich tkanek organizmu. W tabeli 1. przedstawiono rozmieszczenie jonu fluorkowego w tkankach szczurów w następstwie 30-minutowego narażenia inhalacyjnego o stężeniu 3600 mg/m^3 (500 ppm). Z tabeli wynika, że największe stężenie jonów fluorkowych zanotowano w tkance kostnej. Zawartość jonów fluorkowych w surowicy krwi początkowo wzrastała, a następnie się zmniejszała, osiągając poziom wyjściowy po około 6 h od zakończenia narażenia. Wydalanie jonów fluorkowych odbywało się z moczem, a szczegółowe dane na ten temat przedstawiono w dokumentacji wartości dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego na fluorowodór (dokumentacja niepublikowana).

MECHANIZM DZIAŁANIA TOKSYCZNEGO

Działanie toksyczne pentafluorku bromu ogranicza się do miejsca kontaktu. W zetknięciu z wodą błon śluzowych związek natychmiast dysocjuje. W dostępnym piśmiennictwie nie ma dokładnych danych na temat jonów powstających w wyniku dysocjacji, jednak można założyć, że w środowisku wodnym z 1 mola BrF_5 powstaje 5 moli kwasu fluorowodorowego (HF).

Powstający kwas fluorowodorowy jest jednym z najbardziej żrących kwasów nieorganicznych. Jon fluorkowy jest silnie reaktywny i wykazuje w tkankach powinowactwo do wapnia, magnezu, miedzi i cynku. W związku z tak silną reaktywnością fluorków i zdolnością wypierania innych anionów jony fluorkowe łatwo wnikają w głąb tkanek miękkich, powodując zahamowanie aktywności enzymów, m.in. łańcucha oddechowego oraz zaburzenie gospodarki wapniowej, które powoduje odwapnienie kości oraz zwapnienia nerek.

Jakkolwiek jony fluorkowe docierają do wszystkich tkanek miękkich, najsilniejsze zmiany dotyczą miejsc bezpośredniego kontaktu gazowego pentafluorku bromu z tkankami, a więc w układzie oddechowym, na skórze oraz w oczach i w tych miejscach są przyczyną martwicy.

DZIAŁANIE ŁĄCZNE

W dostępnym piśmiennictwie nie ma danych dotyczących działania łącznego pentafluorku bromu.

ZALEŻNOŚĆ EFEKTU TOKSYCZNEGO OD WIELKOŚCI NARAŻENIA

Pentafluorek bromu działa miejscowo drażniąco na drogi oddechowe, oczy i skórę. W dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji o badaniach dotyczących działania pentafluorku bromu na zwierzęta laboratoryjne. W dostępnych pracach opisano toksyczność trifluorku chloru (ClF_3), związku o zbliżonej reaktywności. Podobne działanie toksyczne obu związków wynika z faktu, że w kontakcie z wodą tworzą kwas fluorowodorowy dysocjujący z wytworzeniem silnie reaktywnego jonu fluorkowego.

Narażenie inhalacyjne szczurów na trifluorek chloru o stężeniu 3456 mg/m^3 powodowało natychmiastowe silne podrażnienie układu oddechowego, oczu i skóry oraz śmierć zwierząt po 70 min, natomiast po narażeniu na związek o stężeniu 691 mg/m^3 występowały te same objawy miejscowego działania drażniącego, lecz pojawiały się one nieco później. Po 4,5 h narażenia padło czternaście z dwudziestu narażanych szczurów.

Narażano dwadzieścia szczurów i dwa psy na związek o stężeniu 151 mg/m^3 przez 2 dni, 6 h dziennie, co spowodowało podrażnienie układu oddechowego, oczu i skóry u obu gatunków zwierząt oraz silne, trudno gojące się owrzodzenie rogówki u jednego z narażanych psów.

Trwające 6 tygodni narażenie szczurów i psów na trifluorek chloru o stężeniu 37 mg/m^3 (6 h dziennie, 5 dni w tygodniu) powodowało podrażnienie układu oddechowego i błon śluzowych u psów już w czasie pierwszego narażenia, u szczurów natomiast objawy te występowały później. U jednego z psów 17. dnia narażenia rozwinęło się zapalenie płuc. Narażenie na związek o najmniejszym z zastosowanych stężeń – $8,42 \text{ mg/m}^3$ przez 5 h dziennie, 6 dni w tygodniu, przez 6 miesięcy spowodowało także podrażnienie układu oddechowego i błon śluzowych. Po 39. dniu narażenia padło 5 z 20 szczurów, a u psów rozwinęło się zapalenie płuc. Badania sekcyjne wykazały zmiany zapalne tylko w płucach.

NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE STEŻENIE (NDS) W POWIETRZU NA STANOWISKACH PRACY ORAZ DOPUSZCZALNE STEŻENIE W MATERIALE BIOLOGICZNYM (DSB)

Istniejące wartości NDS i ich podstawy

Dostępne dane na temat wartości normatywnych pentafluorku bromu obowiązujących w innych państwach zebrano w tabeli 2. W USA (ACGIH), podobnie jak i w innych państwach, ustalenie wartości normatywnych oparto na przewidywanym działaniu drażniącym związku na błony śluzowe związanym z jego hydrolizą do HF oraz analogii do działania drażniącego trifluorku bromu.

Tabela 2.

Wartości normatywów higienicznych pentafluorku bromu obowiązujące w innych państwach (Occupational... 1991)

Państwo/organizacja /instytucja	Wartość NDS, mg/m ³	Wartość NDCh, mg/m ³	Wartość NDSP	Oznaczenia dodatkowe
Australia	0,7	–	–	Sk
Belgia	0,72	–	–	
Dania	0,7	–	–	
Finlandia	–	0,7	–	
Francja	0,7	–	–	
Holandia	0,7	–	–	
Szwajcaria	0,7	–	–	
Wielka Brytania	0,7	–	–	
USA:				
– NIOSH	0,7	–	–	
– OSHA	0,72	–	–	
– ACGIH	0,72	–	–	

Sk – wchłanianie przez skórę może być znaczącym źródłem narażenia.

Podstawy proponowanej wartości NDS

W dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji o badaniach dotyczących działania toksycznego pentafluorku bromu na zwierzęta laboratoryjne. Jedyne dostępne doniesienie dotyczące narażenia człowieka na mieszaninę zawierającą ten związek nie zawiera informacji o stężeniach substancji w jakich nastąpiło działanie toksyczne. Prezentowane dane eksperymentalne dotyczą trifluorku chloru, związku o podobnej reaktywności co BrF₅. Działanie obu tych substancji jest podobne, ponieważ w kontakcie z wodą tworzą kwas fluorowodorowy dysocjujący z wytworzeniem jonu fluorkowego, którego silna reaktywność jest przyczyną działania drażniącego, szczególnie silnego w miejscach kontaktu z substancją, a więc w drogach oddechowych, skórze i oczach. W tkankach jon fluorkowy może powodować m.in. zaburzenia gospo-

darki wapniowej, niszczyć strukturę błon komórkowych przez wiązanie się z wapniem oraz ograniczać aktywność wielu enzymów. Dlatego też zaproponowano wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) dla pentafluorku bromu analogiczną do przyjętej dla fluorowodoru, czyli $0,5 \text{ mg/m}^3$ oraz wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego (NDSCh) równą 1 mg/m^3 . Takie wartości normatywów zostały przyjęte na podstawie dobrze udokumentowanych wyników badań toksyczności fluorowodoru.

Na podstawie wyników badań *Kongerud i Samuelsen* (1991) dotyczących wpływu narażenia zawodowego na fluorki obecne w powietrzu na występowanie objawów podobnych do astmatycznych (duszność i świszczący oddech) wynika, że względne ryzyko wystąpienia objawów spowodowanych nadwrażliwością oskrzeli na fluorki w przedziale stężeń $0,41 \div 0,8$ i $> 0,8$ wzrastała odpowiednio 3,35 i 5,2 raza. Wartość NDSCh była oparta na wynikach badania działania drażniącego fluorowodoru na ludzi. Wyniki badania toksyczności fluorowodoru opisane przez *Largenta* (1961) i dotyczące narażenia inhalacyjnego pięciu osób (6 h/dzień, 5 dni/tydzień, $10 \div 50$ dni) na HF o stężeniach $1,16 \div 3,89 \text{ mg/m}^3$ wykazały, że narażenie na związek o stężeniu równym $1,6 \text{ mg/m}^3$ nie wywoływało żadnych zauważalnych objawów. Natomiast osoby narażane na związek o większych stężeniach: 2,12; 2,23; 2,78; 3,36 i $3,89 \text{ mg/m}^3$ zgłaszały łagodne objawy podrażnienia błony śluzowej nosa. Po żadnym narażeniu na związek nie obserwowano objawów podrażnienia dolnych dróg oddechowych.

Zaproponowana wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) pentafluorku bromu ogranicza możliwość występowania objawów nadwrażliwości oskrzeli na fluorki nieorganiczne, w tym HF. Przyjęcie zaproponowanej wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego (NDSCh) powinno zabezpieczyć pracowników przed działaniem drażniącym związku na układ oddechowy, skórę i oczy.

POTRZEBY BADAWCZE

Wskazane wykonanie podstawowego zestawu badań toksykometrycznych.

ZAKRES BADAŃ WSTĘPNYCH I OKRESOWYCH, NARZĄDY (UKŁADY) KRYTYCZNE ORAZ PRZECIWWSKAZANIA DO ZATRUDNIENIA

dr med. EWA WĄGROWSKA-KOSTKI

Instytut Medycyny Pracy

90-950 Łódź

ul. św. Teresy 8

Zakres badania wstępnego

Ogólne badanie lekarskie, ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy, skórę i spojówki.

Zakres badań okresowych

Ogólne badanie lekarskie, ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy, skórę i spojówki. Spirometria, zdjęcie rtg klatki piersiowej w zależności od wskazań. Badanie laryngologiczne i dermatologiczne w zależności od wskazań.

Częstotliwość badań okresowych: co $2 \div 3$ lata.

Zakres ostatniego badania okresowego przed zakończeniem aktywności zawodowej

Ogólne badanie lekarskie, ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy, skórę i spojówki. Spirometria, zdjęcie rtg klatki piersiowej. Badanie laryngologiczne i dermatologiczne w zależności od wskazań.

U w a g a

Lekarz, który przeprowadza badanie profilaktyczne, może poszerzyć jego zakres o dodatkowe specjalistyczne badania lekarskie oraz badania dodatkowe, a także wyznaczyć krótszy termin następnego badania, jeżeli stwierdzi, że jest to niezbędne do prawidłowej oceny stanu zdrowia pracownika czy osoby przyjmowanej do pracy.

Narządy (układy) krytyczne

Układ oddechowy, skóra i spojówki.

Przeciwwskazania lekarskie do zatrudnienia

Przewlekłe zapalenie oskrzeli, astma oskrzelowa, przerostowe i zanikowe nieżyty górnych dróg oddechowych, stany zapalne skóry oraz przewlekłe zapalenie spojówek.

U w a g a

Wymienione przeciwwskazania dotyczą kandydatów do pracy. O przeciwwskazaniach w przebiegu trwania zatrudnienia powinien decydować lekarz przeprowadzający badania okresowe, biorąc pod uwagę wielkość i okres trwania narażenia zawodowego oraz stopień zaawansowania i dynamikę zmian chorobowych.

PIŚMIENNICTWO

CHEMINFO (1997) Canadian Centre for Occupational Health and Safety.

Dost F.N. i in. (1970) Fluorine distribution in rats following acute intoxication with nitrogen and halogen fluorides and with sodium fluoride. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 17, 573-584.

Fluorowodór. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego (tekst niepublikowany).

Horn H.J., Weir R.J. (1955) Inhalation toxicology of chlorine trifluoride. I. Acute and subacute toxicity. *Arch. Ind. Health* 12, 515-521.

Horn H.J., Weir R.J. (1956) Inhalation toxicology of chlorine trifluoride. II. Chronic Toxicity. *Arch. Ind. Health* 13, 340-345.

Kongerud J., Samuelsen S. (1991) A longitudinal study on respiratory symptoms in aluminium potroom workers. *American Review of Respiratory Diseases* 144 (1), 10-16.

Largent E.J. i in. (1961) Fluorosis – the health aspect of fluorine compounds. Columbus, Ohio State University Press 34-39, 43-48.

Occupational exposure limits for airborne toxic substances (1991) Genewa, ILO.

RTECS (1997) d. base.

TLVs and other occupational exposure values (1996) ACGIH.

Bromine pentafluoride

A b s t r a c t

Bromine pentafluoride is a colorless or light yellow liquid. The material has a chemical reactivity similar to that of elemental fluorine. At temperatures above its boiling point, it is a colorless, pungent, and corrosive gas.

Bromine pentafluoride has been used predominantly as a fluorinating agent to produce fluorocarbons and as an oxidizer in rocket propellant systems. Occupational exposures occur mostly during these uses and in the manufacture of the material.

Contact of the vapor or liquid bromine pentafluoride with the skin or eyes causes painful, deep-seated, long-lasting burns. Relatively short exposures at high concentrations cause serious lung injury similar to that seen in phosgene-exposed individuals (e.g., pulmonary fibrosis, emphysema, atelectasis, bronchitis); lower concentrations cause watering of the eyes and difficulty in breathing within a few minutes. Bromine pentafluoride will react with the moist tissues of the nasal passages and eyes.

Based on the toxicologic analogy of bromine pentafluoride with hydrogen fluoride we established 0.5 mg/m^3 as the maximum exposure limit (maximum admissible concentration) for bromine pentafluoride. This value should minimize the development of serious systemic injury and should be sufficiently low to prevent irritation of the upper respiratory passages.

Based on the results obtained from clinical studies of human exposure at concentration of hydrogen fluoride, 1 mg/m^3 is proposed as a STEL value for bromine pentafluoride. Because bromine pentafluoride has been shown to have corrosive effects we suggest an additional determination with the letter C.