

# DEKONTAMINACE BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK ZA NÍZKÝCH TEPLOT V HZS ČR I TEORETICKÁ VÝCHODISKA

## DECONTAMINATION OF CHEMICAL WARFARE AGENTS AT LOW TEMPERATURES WITHIN THE FIRE RESCUE SERVICE OF THE CZECH REPUBLIC I THEORETICAL BASES

Tomáš ČAPOUN, Jana KRYKORKOVÁ  
tomas.capoun@ioolb.izscr.cz

Došlo 12. 12. 2012, upraveno 25. 1. 2013, přijato 28. 1. 2013.

Dostupné na [http://www.population-protection.eu/attachments/044\\_vol4n4\\_capoun\\_krykorkova.pdf](http://www.population-protection.eu/attachments/044_vol4n4_capoun_krykorkova.pdf).

### Abstract

*The contribution evaluates the current state of decontamination at temperatures below 0 °C. It determinates conditions and evaluates possibility to abuse highly toxic substances at low temperatures. The article specifies requirements for decontamination mixtures and technical resources for their application. It results in a suggestion on how to provide decontamination at low temperatures within the FRS of the Czech Republic.*

### Key words

*Decontamination, decontamination mixture, decontamination efficiency, chemical warfare agent, freezing point, additive to reduce the freezing point.*

## ÚVOD

Dekontaminace představuje významný soubor opatření aktivní ochrany proti následkům nekontrolovaného úniku nebezpečných látek do prostředí či následkům jejich zneužití při teroristických akcích, v případě válečného konfliktu či jiných mimořádných událostí. V takových případech může mj. dojít k rozsáhlé kontaminaci osob, jejich oděvů a prádla, zvířat, potravin, krmiva, techniky, dopravních prostředků, prostředků individuální ochrany, terénu a dalších objektů a materiálů.

Hlavním cílem dekontaminace je odstranit kontaminanty přítomné na površích a v materiálech. V případech, kdy je to možné, je pak úkolem kontaminanty rozložit nebo jinak převést na neškodné produkty. Konečným efektem dekontaminace je snížení zdravotnických a nenávratných ztrát, minimalizace nebezpečí ohrožení životního prostředí, zkrácení doby nezbytného

používání prostředků individuální ochrany, které ztěžují veškerou činnost v kontaminovaných prostorech, a vytvoření podmínek pro obnovu normálního života v kontaminovaných oblastech, pro zabezpečení záchranných a neodkladných prací a asanaci území.

Podle druhu kontaminantu dekontaminace zahrnuje detoxikaci, dezaktivaci a dezinfekci. Těžiště tohoto sdělení je položeno na detoxikaci, a to především na dekontaminaci bojových chemických látek.

Při realizaci dekontaminačních prací mají při všech výše uvedených událostech nezastupitelné místo jednotky HZS krajů [1].

## **STRUČNÉ ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU ZABEZPEČENÍ DEKONTAMINACE ZA NÍZKÝCH TEPLOT U HZS ČR**

Obecně jsou u jednotek HZS krajů využívány všechny známé dekontaminační metody (mechanické, fyzikální a chemické) a způsoby (mokrý a suchý). Z konkrétních postupů jsou nejrozšířenější detoxikace pevnými sorbenty a detoxikace postřikem.

Postup dekontaminace postřikem je technicky široce zabezpečen cisternovými automobily, automobilními stříkačkami a ručními postřikovači, zdroji tlakové vody, stanovištěm dekontaminace techniky (SDT) a stanovištěm dekontaminace osob (SDO-2). Pro dekontaminační zásahy při teplotách nižších než 0 °C mají z těchto technických prostředků největší význam některé zdroje teplé vody a vozidla ACHR-90.

Jednotky HZS krajů při zásazích provádějí dekontaminaci velmi širokého spektra různých povrchů a materiálů. Z nich podstatně převažuje dekontaminace pevných terénních povrchů, jako jsou vozovky, parkoviště, chodníky, letištní a jiné pevné plochy. Dalšími dekontaminovanými povrchy jsou nenasákavé, málo porézní povrchy v objektech, především povrchové vrstvy nátěrů, sklo, dlaždice, keramika, nenatřené kovy, podlahové krytiny, dále nasákavé, porézní materiály v objektech a na technice (pneumatiky, povrchy stěn budov, dřevo bez nátěru, kožené a koženkové předměty a součásti), povrch hadic, materiály prostředků individuální ochrany a pracovní obuvi aj. [2].

K dekontaminaci bojových chemických látek se předpokládá aplikace postřikových postupů kapalnými směsmi, které shrnuje tabulka 1, převzatá z literatury [1].

Přítom literatura [1] uvádí, že pro přípravu dekontaminační suspenze nebo roztoku  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{NaClO}$ , „Savo Prim“, Savo nebo „Chloramin B“ je rozhodující obsah aktivního chloru, který by neměl být při aplikaci v suspenzi nebo roztoku nižší než 2,5 % hm., přičemž výrobci garantují u nových výrobků obsah aktivního chloru takto:  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  min. 60 % hm.,  $\text{NaClO}$  min. 15 % hm., „Savo Prim“ a „Savo“ 4,5 % hm. a „Chloramin“ min. 25 % hm.

*Tabulka 1*  
*Dekontaminační činidla na bojové chemické látky zavedená v HZS ČR*

Kontaminant	Dekontaminační činidla		
	Povrchy	Protichemický ochranný oděv	Povrch těla
bojové chemické látky	1. roztok $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 2. roztok $\text{NaClO} + 2\% \text{NaOH}$ 3. roztok „Savo Prim“ (obsahuje již $\text{NaOH}$ ) 4. roztok Savo 5. roztok „Chloramin B“ 6. komerční dekontaminační činidla	1. roztok $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 2. roztok $\text{NaClO} + 2\% \text{NaOH}$ 3. roztok „Savo Prim“ (obsahuje již $\text{NaOH}$ ) 4. roztok Savo 5. roztok „Chloramin B“ 6. komerční dekontaminační činidla	1. mýdlo + voda (pro dekontaminaci očí 1 až 2% $\text{NaHCO}_3$ ) 2. komerční dekontaminační činidla

Vedle uvedených dekontaminačních činidel na bázi aktivního chloru bylo v roce 2010 zavedeno do používání v podmínkách jednotek HZS ČR rovněž dekontaminační činidlo Hvězda [3]. Při dekontaminaci osob a techniky je doporučena minimální koncentrace činidla Hvězda 10 %obj., při dekontaminaci protichemických ochranných oděvů koncentrace 75 %obj., doba expozice ve všech případech 5 minut [3].

Celkově je možno konstatovat, že všechna dekontaminační činidla na bojové chemické látky, zavedená v HZS ČR, jsou vodné směsi a roztoky, které lze aplikovat pouze při teplotách vyšších než 0 °C. Z toho je zřejmé, že **jednotky HZS krajů nejsou v současné době dostatečně připraveny zvládnout dekontaminaci jak věcných prostředků, tak mobilní techniky i osob za nízkých teplot.**

Přitom úniky nebezpečných látek v zimních měsících nikdy nelze vyloučit (havárie přepravních vozidel či výrobních zařízení, ale i potenciální nebezpečí z teroristického zneužití nebezpečných látek typu bojových chemických látek). Proto je nezbytné zabývat se návrhem opatření, která by umožnila provádět účinnou dekontaminaci i za nízkých teplot.

## MOŽNOSTI ZNEUŽITÍ BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK ZA NÍZKÝCH TEPLIT

Hlavní mimořádné události, při kterých se mohou do prostředí uvolňovat vysoce toxické látky, představují válečný konflikt, havárie provozů a dopravních prostředků a teroristický útok.

Ve válečných konfliktech tradičního typu je vymezení okruhu použitelných látek dáno vojenskými doktrínami protivníků a z doktrín se

odvíjejícího zbrojního úsilí. Výsledkem pak bývá nevelký soubor látek zařaditelných do skupin členěných podle účinků na lidský organismus.

Toxické látky, které se mohou uvolnit při destrukci zejména chemických výroben či dopravních prostředků, jsou pevně svázány se zavedenými technologiemi a jsou proto známy poměrně dobře jejich účinky a možný rozsah ohrožení v případě konkrétních provozních událostí. Za nejnebezpečnější jsou pro populaci považovány zcela logicky látky s vysokou akutní toxicitou a vysokou těkavostí, skladované ve velkých tonážích. Soubor takových látek nepřesahuje počet několika desítek.

Za nejproblematictější lze považovat vymezení okruhu látek, které by mohly být použity v případě teroristického útoku. Výběr látky by byl zcela určitě podřízen cílům takové akce a finančním a technologickým možnostem útočníků, což může zahrnovat větší množství látek.

Výběr látek pro teroristický útok se bude řídit řadou podmínek. Je pravděpodobné, že se bude jednat o látky s vysokou akutní toxicitou, které splňují požadavky na dosažení hromadného vraždění. Očekávaná vysoká těkavost látek nemusí hrát zásadní roli, protože výběr agens bude silně záviset na prostředcích, které útočník využije k převodu látky do aplikačního stavu [4]. Na druhou stranu za uvažovaných meteorologických podmínek lze předpokládat, že potenciálně ohrožené osoby budou dostatečně oblečeny a tím i chráněny před perkutánní intoxikací. To by u méně těkavých látek mělo vést k výběru extrémně toxických typů, kdy zasažení zejména obličejem by mělo stačit k vyvolání otravy.

Z hlediska psychologie útoku je třeba se zabývat zejména látkami způsobujícími okamžitou smrt, kdy lidé budou umírat během pár minut přímo na ulici, a ne desítky hodin nebo dnů v nemocnicích [4].

Scénáři odpovídajícímu záměru teroristů vraždit vyhovují supertoxické letální látky s rychlým nástupem účinku, k nimž mimo veškerou pochybnost patří nervově paralytické látky typu G, tj. sarin (GB), soman (GD), tabun (GA), cyklosarin (GF) a dále typu V (VX) [5, 6].

Požadavek rychlého nástupu účinku splňují rovněž látky všeobecně jedovaté, jako je např. kyanovodík [5, 6], který lze jednoduše vyvinout z kyanidu působením kyseliny. Ve srovnání s nervově paralytickými látkami je méně toxický, tudíž k vyvolání významného toxického efektu (zneschopnění, usmrcení) je zapotřebí podstatně většího množství. Jedná se o těkavou látku, jíž lze zcela bez problémů vytvořit toxický oblak, ovšem pro jeho relativní hustotu par nižší ve srovnání se vzduchem (r.h. 0,93) je velmi obtížné udržet jeho koncentraci v přízemní vrstvě kontaminované atmosféry. To však není problémem v uzavřeném prostoru [5].

Do úvahy přicházejí také některé přírodní jedy a toxiny, například **ricin**, který se v souvislosti s chemickým terorismem v literatuře často cituje [6].

S ohledem na rychlost nástupu účinku i na fyzikální vlastnosti mají pak menší význam zpuchýřující látky typu sulfidického yperitu (HD), dusíkových yperitů (HN 1,2,3) a lewisitu (L), a to vzhledem k tomu, že nejvýznamnější účinky nastupují až po době latence několika hodin [5, 6].

Podobný problém lze spatřovat také u dusivých látek (fosgen, difosgen), jejichž účinek je zpravidla opožděný [6]. V souboru dusivých bojových chemických látek však existuje jedna výjimečná sloučenina, a tou je chlorpikrin. Ten má proti ostatním známým dusivým bojovým chemickým látkám kratší dobu latence a disponuje navíc výrazným dráždivým účinkem, který je schopen rozvinout velmi silnou panickou reakci zasažených osob [6].

Z hlediska přístupnosti technologie a v závislosti na dostupnosti potřebných chemikálií lze učinit závěr, že mezi „relativně lehce vyrobitelné“ letální bojové chemické látky s inhalačním účinkem patří látky všeobecně jedovaté, dusivé a zpuchýřující. Nervově paralytické látky nutno z tohoto pohledu posuzovat jako „poněkud těžší na výrobu“ [6]. Vedle toho je však nutné připomenout, že celou řadu bojových chemických látek lze získat ve finálním provedení nákupem nebo krádeží (chlor, kyanovodík, fosgen, difosgen, chlorpikrin apod.) [5, 6]. Informace o výskytu těchto látek jsou široce dobře známé a často publikované.

O zhodnocení reálnosti teroristického zneužití bojových chemických látek za nízkých teplot byli požádáni přední odborníci na úseku dekontaminace. Ti po zevrubném rozboru zvláštností a předpokladů zneužití bojových chemických látek za nízkých teplot, vycházejícím z jejich toxicity, fyzikálně chemických a chemických vlastností, došli k následujícím závěrům [4]:

1. Za nízkých teplot okolo  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  řada toxických látek neztrácí svoji nebezpečnost.
2. Inhalačně nebezpečné ve formě par zůstávají sarin, soman, chlor, fosgen, kyanovodík, chlorpikrin, perfluorisobutylén, methylisokyanát, formaldehyd, oxid siřičitý, chlorovodík, sirouhlík.
3. Perkutánně budou nebezpečné ve formě kapalin soman, VX látka, dusíkový yperit HN1, HN2, oxolový yperit, Zajkovův yperit, tetraethylolovo, thionylchlorid, sulfurylchlorid.
4. Nebezpečné látky v pevném skupenství mohou být vhodným způsobem převedeny do formy tuhého aerosolu nebo dýmu a poškozovat zdraví zasažených osob inhalační cestou.

## **POŽADAVKY NA DEKONTAMINACI BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK ZA NÍZKÝCH TEPLIT**

Za snížených teplot klesá nebezpečí intoxikace organismu chemickými látkami v plynném skupenství dýchacími cestami, avšak na druhé straně vzrůstá jejich stálost na kontaminovaných površích. Dalším důsledkem nízké teploty je, že přirozený způsob dekontaminace na principu postupného odpařování kontaminantu z povrchů je zanedbatelný a možnými cestami, jak povrchy zbavit kontaminantu, jsou izolace nebo dekontaminace povrchů kontaminovaných vysoce toxickými látkami.

Bojový řád jednotek požární ochrany uvádí mezi očekávanými zvláštnostmi mj. také vliv nízkých teplot na ztíženou realizaci dekontaminace,

např. namrzáním vody na ochranných protichemických oděvech a věcných prostředcích, stejně tak např. zamrznutí vody v dekontaminačním zařízení [7]. Toto konstatování je sice důležitou informací pro zasahující, ale ve své podstatě nic neřeší, protože mohou nastat mimořádné události spojené s úniky toxických látek za kteréhokoliv ročního období.

Za nízkých teplot (do  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) je nutno dále k nepříznivým podmínkám pro dekontaminaci také předpokládat jednak existenci sněhové vrstvy na terénu, možnost sněžení v době zásahu jednotek HZS krajů, případně těž velkou rychlost větru. To vše jsou další okolnosti, které budou ztěžovat činnost jak v nebezpečné zóně, tak v dekontaminačním prostoru.

Uvedené okolnosti však nemění nic na nutnosti organizovat dekontaminaci zasahujících jednotek tak, aby byl splněn cíl dekontaminace, tj. snížit škodlivý účinek kontaminantu do té míry, aby nebyly ohroženy životy či zdraví zasahujících po opuštění nebezpečné zóny a aby byla zachována většina z věcných prostředků pro další použití.

Samotný proces detoxikace je ztížen také v tom, že klesá rozpustnost chemických látek jak ve vodě, tak v nepolárních rozpouštědlech, což vede ke vzniku nehomogenního prostředí, v němž rozkladné reakce chemických látek probíhají pomalu, či vůbec ne. Jestliže je za daných teplotních podmínek potlačena rozpustnost kontaminantů ve vodném prostředí, je zákonitě snížena i rychlost jejich hydrolyzy. Dále pak se vrůstající viskozitou kapalných toxických látek vzrůstá i jejich adheze k povrchům, což vede k negativnímu ovlivnění procesu detoxikace.

Dekontaminační postup navržený pro využití za nízkých teplot musí všechny uvedené zvláštnosti respektovat a přitom musí splňovat i všechny obecné požadavky (dostatečná dekontaminační účinnost, vhodné fyzikálně-chemické vlastnosti, snadná odstranitelnost z povrchu, nesmí být zhoršeny technické parametry dekontaminovaných předmětů, snadná příprava, nízká toxicita, nehořlavost, zanedbatelné korozní účinky na povrchy). Je logické, že některé vlastnosti budou s prohlubující se teplotou měnit k méně příznivým, naopak např. toxicita, hořlavost a korozní účinky budou s poklesem teploty více příznivé.

Za teplot nižších než bod mrazu je aplikace mokrých metod dekontaminace s použitím vodných roztoků s absencí látek snižujících bod tuhnutí problematická, resp. vyloučená. To platí pro takové případy, kdy celková situace nedovolí organizovat detoxikaci jinak než na místě, tj. na dekontaminačním pracovišti zřizovaném v dekontaminačním prostoru.

## **PŘEHLED METOD DEKONTAMINACE BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK REALIZOVATELNÝCH ZA NÍZKÝCH TEPLOT**

Dekontaminace bojových chemických látek je založena na třech principech: chemickém, fyzikálním a mechanickém.

Pro aplikace za nízkých teplot je výběr **chemické metody** dosti omezený. Prvním limitujícím faktorem je rychlost samotné chemické reakce. Určitou

možnost představuje zrychlení reakce zvýšením koncentrace dekontaminačního činidla.

Druhým faktorem je použití vody jako reakčního prostředí. Pokud jsou to reakce probíhající v čistě vodném prostředí, nelze je za teplot pod bodem mrazu využít. U dekontaminačních směsí založených na vodě a organických rozpouštědlech je situace o něco lepší, nicméně řada takových směsí za nízkých teplot sice úplně nezmrzne, ale může dojít k vymrznutí samotné vody a vzniku ledové tříště v organickém rozpouštědle [4].

Podobné problémy vznikají i při použití dnes moderních emulzních nebo pěnотvorných směsí. S ohledem na podstatu vzniku těchto soustav je nízká teplota výhodná, protože je stabilizuje, avšak jen dokud se i zde neobjeví problém s eventuálním vymrznutím vody [4].

Hlavní variantou použití chemických reakcí k dekontaminaci za nízkých teplot je využívání reakcí, které probíhají v prostředí zcela bezvodém. Podmínkou je pak to, aby i samotná organická rozpouštědla měla přijatelný bod tuhnutí. S čím je však třeba počítat vždy, je nárůst viskozity takových směsí, což může činit problémy při mechanizované aplikaci.

Směsí, které vyhovují takovým požadavkům, je celá řada. Např. Armáda ČR [8] má ve výzbroji směs č. 1 a 3 skládající se z dichlorethanu a dichloraminu (směs č. 2) a ethanolu, monoethanolaminu, cyklohexylaminu (směs č. 3). Některé státy NATO využívají směs DS-2 složenou z diethylentriaminu, ethylenglykolu, monomethyletheru a hydroxidu sodného. Obsahem dekontaminačních balíčků pro primární odmoření osob jsou taktéž nevodná rozpouštědla. Příkladem může být kanadský prostředek RSDL (směs polyethylenglykolů s butandionmonoximem) nebo ruské IPP-8 (ethoxyethanol, 2-propanol, N,N-dimethylformamid, sulfolan a sodík) a IPP-11 (směs polyethylenglykolů se solemi lanthanu) [4].

Obecně lze říci, že metody chemické dekontaminace nenalézají za nízkých teplot zdaleka takové uplatnění jako za běžných teplot, přičemž hlavními limitujícími faktory jsou zpomalování dekontaminačních reakcí a mrznutí vodných nebo vodně – organických směsí.

**Fyzikální postupy** sice nevedou k likvidaci toxické látky, avšak jsou schopny zbavit dekontaminovaný povrch kontaminantu. Patří sem odpařování, smývání, rozpouštění a adsorpce.

Pro využití v HZS ČR má z praktických důvodů největší význam dekontaminace organickými rozpouštědly. K tomuto účelu jsou nejčastěji používány alkoholy (ethanol, propanoly) a chlorované alifatické uhlovodíky (dichlormethan, 1,2-dichlorethan). Jako časté složky dekontaminačních směsí s nízkou teplotou tání jsou rovněž používány organické aminy monoethanolamin a cyklohexylamin.

Z fyzikálních a chemických vlastností lze vyvodit, že ethanol by mohl být rozpouštědlem s velmi dobrými vlastnostmi při dekontaminacích za nízkých teplot. Má výhodné hodnoty bodu varu a tání, ještě přijatelnou změnu viskozity s teplotou a vykazuje minimum interakcí s plasty [4]. Jako klad lze též uvést jeho technologickou a ekonomickou dostupnost a schopnost samodegradace v terénu.

Za nízkých teplot lze rovněž využít adsorpci. Sorbenty se v dekontaminaci široce uplatňují, a to zejména v individuální dekontaminaci [9].

**Mechanické metody** by za nízkých teplot patřily spíše k výjimečným, ale ne zcela vyloučeným. Jedná se zde např. o možnost skrývání kontaminované zeminy nebo sněhu. K dalším mechanickým způsobům dekontaminace patří obrušování, otryskávání (ocelovými pilinami, tuhým oxidem uhličitým, ledovou tříští apod.).

## VÝVOJ NOVÝCH DEKONTAMINAČNÍCH SMĚSÍ VE SVĚTĚ

K posouzení trendů vývoje dekontaminačních směsí ve světě byla zpracována patentová rešerše [10]. Obsahuje celou řadu nových prostředků pro různé účely. K využití u HZS ČR byla pozornost věnována dekontaminačním směsím tzv. širšího použití.

Ze závěrů rešerše vyplývá, že většinou je zvýšená pozornost věnována možnostem aplikace v širokém teplotním rozmezí s důrazem na teploty pod bodem mrazu. Toho je dosahováno jednak přípravou dekontaminačních směsí na bázi alkoholů a aminoalkoholů, které zůstávají kapalné i při teplotách pod bodem mrazu. Nicméně i některé vodné směsi lze použít v mrazu, neboť obsahují látky, které obvykle působí jednak jako kotenzidy a zároveň jako nemrznoucí přísady (obvykle sloučeniny glykolu).

Konkrétně byly do speciálních dekontaminačních směsí za účelem snížení bodu tuhnutí aplikovány:

- tetrachlorethylen nebo tetrachlormethan [11],
- směs organických látek a siloxanu [12],
- diethylentriamin [13],
- monoethanolamin [14],
- alkalické alkoholáty nebo aminoalkoholáty [15],
- glycerin a jeho deriváty [16, 17],
- glykoly [18].

## DOPORUČENÍ K ZAJIŠTĚNÍ DEKONTAMINACE ZA NÍZKÝCH TEPLOT U HZS ČR

Z předcházejících částí tohoto příspěvku vyplývá, že jak z hlediska praktického, tak z hlediska ekonomického by pro HZS ČR bylo nejvhodnější využít stávající zásoby dekontaminačních směsí a za nízkých teplot přidávat nízkotuhnoucí přísadu. Odborníci v oboru dekontaminace však varují [4], že úprava složení činidel přidávkou chemických látek, jejichž přítomnost pro použití činidel za běžných teplot není nutná, vede v převážné většině ke zhoršení „kvality“ činidla. Přidaná látka jednak může reagovat s vysoce reaktivní chemickou látkou, která udává charakter činidla, čímž dochází k poklesu koncentrací jak účinné látky,



tak látky záměrně přidané ke snížení bodu tuhnutí. Na základě vzájemné interakce zmíněných látek se činidlo jeví jako málo stabilní, či nestabilní s velmi krátkou dobou použitelnosti. Vedle toho může přídavek látky ke snížení bodu tuhnutí jak příznivě, tak i nepříznivě ovlivňovat některé fyzikální charakteristiky činidla, jako např. viskozitu, což ve svém důsledku vede k problémům při nanášení činidla. Dále může ovlivňovat povrchové napětí a také korozní vlastnosti činidla.

Přes uvedené problémy spojené s přídavkem látek snižujících bod tuhnutí činidel v praxi existují takovéto soustavy. Ty však jsou výsledkem experimentálního ověření.

V každém případě je dekontaminace za nízkých teplot pod bodem mrazu v podmínkách HZS ČR zcela reálně uskutečnitelná. Existují činidla a prostředky, kterými lze i za nízkých teplot provést účinnou dekontaminaci při respektování vlastností jak kontaminantů, tak dekontaminovaných povrchů.

Jako poměrně snadno realizovatelná metoda s dostatečnou účinností se jeví použití organických rozpouštědel, zejména pak ethanolu, a suché způsoby detoxikace, zvláště sorpce práškovými sorbenty. Postupy jsou vhodné hlavně pro individuální dekontaminaci a dekontaminaci menších ploch.

Jako vhodné chemické sloučeniny užívané ke snížení teploty tuhnutí vodných dekontaminačních směsí, zavedených v HZS ČR, jsou doporučovány glykol, glycerin a monoethanolamin. Vliv nízkotuhnoucích přísad na snížení teploty tuhnutí a na stabilitu dekontaminačního činidla však rozhodně musí být experimentálně ověřen, včetně vlivu na účinnost dekontaminace bojových chemických látek.

Pokud nebude ukončeno komplexní ověření využitelnosti dosud užívaných dekontaminačních činidel u HZS ČR po úpravě jejich složení přídavkem chemické látky ovlivňující teplotu tuhnutí, nedoporučuje se zahájit vývoj nového dekontaminačního činidla, neboť vývoj by byl finančně i časově velmi náročný.

## ZÁVĚR

Existují bojové chemické látky a jiné nebezpečné látky, které mohou být za určitých podmínek příčinou vzniku vysoce rizikových kontaminací různých předmětů, povrchů a osob, a to i za teplot nižších než 0 °C. Za nízkých teplot nelze vyloučit zneužití vysoce toxických látek k cílenému teroristickému útoku ani únik nebezpečných látek z chemických závodů nebo přepravní techniky. Proto bude nutné i za nízkých teplot organizovat a provádět dekontaminaci, přičemž u HZS ČR není tato činnost zabezpečena.

Lze předpokládat, že pro individuální dekontaminaci a dekontaminaci menších ploch najde uplatnění použití organických rozpouštědel a sorpce práškovými sorbenty.

Dále se doporučuje využít ke snížení teploty tuhnutí vodných dekontaminačních směsí, zavedených v HZS ČR, přísady pro snížení bodu tuhnutí, jako glykol, glycerin a monoethanolamin. Vliv přísad na snížení teploty tuhnutí, na

stabilitu dekontaminačního činidla i na účinnost dekontaminace bojových chemických látek je nezbytné experimentálně ověřit.

### Résumé

*There is a lot of chemical warfare agents and other dangerous substances that can under certain conditions cause a high risk of contamination of various objects, surfaces and persons at temperatures even lower than 0° C. It is not possible to rule out a possibility of misuse of highly toxic substances at low temperatures in terrorist attacks, or a leakage of hazardous substances from chemical plants or transport vehicles. It will therefore be necessary to organise and carry out decontamination also at low temperatures. Such procedure is currently not performed within the Fire and Rescue Services of the Czech Republic.*

*It can be assumed that individual decontamination and decontamination of smaller areas can be performed by using organic solvents and by sorption of powdered sorbents.*

*To reduce the temperature of the freezing point of aqueous decontamination mixtures used within the FRS, it is further recommended to use suitable additives such as glycole, glycerine and monoethylamine. It is necessary to verify experimentally the effect of additives on reduction of the freezing point, stability of decontamination reagent, and effectiveness of decontamination of chemical warfare agents.*

*Príspevek vznikl v rámci projektu "Bezpečnost občanů – krizové řízení" (VF20112015018).*

### Literatura

- [1] Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky. Praha: MV – GŘ HZS ČR, 2007. 112 s. ISBN 80-86640-70-1.
- [2] ČAPOUN, T., D. KALA, J. SEVERA, Z. FIŠER. *Zhodnocení možností a potřeb hasičských jednotek při provádění dekontaminace. Část detoxikace [výzkumná zpráva]*. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2002. 78 s.
- [3] ZADINA, F. *Dekontaminační činidlo Hvězda – informace*. Praha: MV – GŘ HZS ČR, 2010. 2 s. Čj. MV-12975-2/PO-2010.
- [4] SEVERA, J., J. CABAL. *Rozbor možností detoxikace povrchů za nízkých teplot jednotkami HZS ČR [studie]*. Praha: Decomkov, 2011. 36 s.
- [5] MATOUŠEK, J., O. MIKA. *Reakce na teroristický útok s použitím bojové otravné látky na pražské metro. Kontaminace prostoru metra [studie]*. Brno: Masarykova univerzita, Vysoké učení technické v Brně, 2007.

- [6] PITSCHMANN, V. *Kontaminace prostoru metra* [studie]. Praha: ORITEST, 2007.
- [7] *Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu*. Dekontaminační prostor [metodický list č. 6/L]. Praha: MV – GŘ HZS ČR, 2004. 2 s.
- [8] *Speciální očista u vojsk* [předpis Vševojsk–2-11]. Praha: MNO, 1985. 127 s.
- [9] ČAPOUN, T., J. KRYKORKOVÁ. *Porovnání vybraných postupů a prostředků individuální dekontaminace*. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2012. 73 s.
- [10] MAREK, T. *Rešerše patentů k projektu „Multifunkční dekontaminační činidlo pro detoxikaci bojových otravných látek a pro dezinfekci patogenních agens včetně aplikátoru“*. Praha: DECOMKOV, 2009. 34 s.
- [11] VON BLUECHER Hasso, Ernest DE RUITER. *Decontaminating of skin or materials contaminated by chemical warfare agents*. Inventors: VON BLUECHER Hasso, DE RUITER Ernest, MEDEMA Jan. No. US5695775, 1997-12-09.
- [12] OWR AG. *Improved Detoxicant Solution*. Inventor: HOFFMANN Klaus. No. EP1802377, 2007-07-04.
- [13] U.S. ARMY. *Decontaminating of skin or materials contaminated by chemical warfare agents*. Inventors: VON BLUECHER Hasso, DE RUITER Ernest, MEDEMA Jan. No. US5695775, 1997-12-09.
- [14] OWR AG. *Improved Detoxication Solution*. Inventors: HOFFMANN Klaus. No. DE102004044622 (A1), 2006-03-30.
- [15] ALFRED KAERCHER GMBH & CO KG. *Basic, non-aqueous decontaminating fluid*. Inventors: FRANKE Siegfried, STELZMUELLER Helmut, TOEPFER Hans-Joachim, RITSCHER Frank. No. US2004096415, 2004-05-20.
- [16] MINISTERSTVO OBRANY RUSKÉ FEDERACE. Gosudarstvennyj naučno-issledovatel'skij institut biologičeskovo priborostrojenija, Vojskovaja časť 52688. *Bifunctional Formulation Producing Oxidative-Nucleophilic Effect*. Inventors: KHOLSTOV V. I., ORLOV V. N., KUCHINSKIJ E. V., ANOSHIN S. V., GRIGORJEV V. P., BUJANOV V. V., NIKOLSKAJA V. P., MENZELENKO S. V., KARPOV V. P., SILAEV V. G., KRAVCHENKO I. I. No. RU2248234, 2005-03-20.
- [17] TUCKER Mark D., Robert H. COMSTOCK. (SANDIA CORPORATION). *Decontamination formulation with sorbent additive*. Inventors: TUCKER Mark D., COMSTOCK Robert H. No. US2004022867, 2004-02-05.
- [18] SANDIA CORPORATION (USA). *Granulated Decontamination Formulations*. Inventors: TUCKER Mark D. No. US7276468, 2007-10-02.