

PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA

ZHN a ochrana proti nim

TÉMA:	9	Odstraňování následků CBRN událostí, základy dekontaminace osob a vojenského materiálu
--------------	----------	---

Cíl tématu:

Seznámit studenty se vznikem nebezpečné kontaminace a principy, zásadami, způsoby a postupy dekontaminace vojenského materiálu a osob.

Úkoly pro samostatnou přípravu:

1. Prostudovat doporučenou literaturu.
2. Subjektivní ověření pochopení probrané problematiky studentem, a to zodpovězením zadaných kontrolních otázek.

Učební úkoly

	Úvod	
1.	Vznik kontaminace	
2.	Základní pojmy, rozdělení dekontaminace a zásady jejího provádění	
3.	Principy a postupy dekontaminace	
4.	Dekontaminační látky a směsi	
	Závěr	

Metoda:	přednáška	Doba:	85'	Místo:	učebna
Studijní literatura	S-3218, S-3658/2, Vševosk-2-11				

Zpracoval: Ing. Petr ŽUJA, Ph.D.

Obsah:

ÚVOD

Zbraně hromadného ničení působí okamžitě, ale na rozdíl od konvenčních zbraní mají účinnost po dlouhou dobu a na velkém prostoru. Ke kontaminaci jednotek, VM, objektů a terénu může v ozbrojeném konfliktu docházet buď jako následek použití ZHN, nebo jako následek havárií, či záměrným ničením jaderných energetických zařízení, provozů využívajících vlastností RL, chemických provozů a skladů průmyslových chemických látek (PCHL).

Dekontaminace útvarů (jednotek) je jedním ze základních opatření CHZ. Důležité místo zaujímá rovněž v rámci zvláštních opatření ochrany vojsk, a to jako součást zvláštních opatření ochrany proti ZHN a zvláštních opatření ochrany proti radioaktivním a chemickým látkám, při odstraňování následků použití ZHN a následků RCHB havárií.

Smyslem dekontaminace útvarů (jednotek), VTM, objektů a terénu je zneškodnění, resp. odstranění BCHL a BBL, odstranění RL, snížení účinku kontaminace osob a VTM na nejmenší možnou míru a zajištění jejich rychlé návratnosti k bojovému (operačnímu) použití.

Vzhledem k trvalé nemožnosti vyloučit použití ZHN v ozbrojených konfliktech v různých částech světa, ke stále zvyšujícímu se počtu jejich vlastníků a pro rozsáhlé sekundární účinky použití konvenčních zbraní na cíle jaderně energetického a chemického průmyslu, zůstává dekontaminace důležitou oblastí CHZ.

Dekontaminaci útvarů a jednotek, terénu, cest a objektů (dále jen „dekontaminace“) jako jedno z opatření CHZ organizuje štáb svazku (útvary) a provádějí ji útvary (jednotky) vlastními SaP.

Nejsložitější úkoly dekontaminace plní jednotky CHV.

Za organizaci, provádění a celkový rozvoj dekontaminace jednotek a útvarů jako jednoho z opatření CHZ boje a operace odpovídá v rámci AČR CHV.

1. Vznik kontaminace

Pro pochopení principů, zásad a způsobů realizace jednotlivých typů kontaminace je důležité pochopit vznik kontaminace, chování jednotlivých druhů kontaminantů na površích, případně jejich interakci s povrchem VM, terénu, ochranných objektů apod.

Jak již bylo naznačeno v úvodu, důsledkem použití ZHN nebo po vzniku události spojené s únikem PNL dochází nejen k okamžitým účinkům, tzn. usmrcení nebo vyřazení sil, ale také k následným dlouhodobým účinkům, ke kontaminaci osob, zvířat, potravin, vody, VM,

různých objektů a terénu RL, BCHL, BBL a PNL, které zahrnují PCHL, RL a biologické sloučeniny spadající do kategorie průmyslových biologických látek (PBL).

Chemická kontaminace

Chemická kontaminace je způsobena:

- působením prvotního oblaku BCHL nebo PCHL, který vzniká při jejich rozptýlení a je unášen větrem;
- působením druhotného oblaku, který vzniká odpařováním BCHL.

Ke kontaminaci chemickými látkami dochází zejména:

- při výbuchu bojových hlavic, raket, fúgasů, granátů, leteckých bomb a min plněných BCHL, při použití BCHL z rozstřikovacích zařízení letounů a vrtulníků a aerosolových generátorů oblakem par, aerosolových částic a malých kapek unášených větrem;
- po havárii průmyslového zařízení, v němž jsou zpracovávány nebo skladovány PCHL. Havárie má zpravidla za následek únik těchto látek mimo prostor zařízení;
- otěrem z kontaminované půdy nebo porostu při pohybu v terénu, který je kontaminován kapalnými BCHL nebo PCHL, nebo aerosolovými částicemi těchto látek, které se vznášejí nad terénem.

Průměrná hustota chemické kontaminace povrchů a velikost kapek BCHL (PCHL) v prostoru kontaminace závisejí zejména na vzdálenosti od místa výbuchu nebo úniku, množství látky dané velikostí chemické munice nebo zásobníku chemikálií, na typu použité munice (kontaktní nebo bezkontaktní, submunice, apod.) nebo zařízení pro jejich dispergaci, síle větru a na ostatních hydrometeorologických podmínkách.

Tabulka Počáteční kontaminace vnějších povrchů kapičkami BCHL

BCHL	Plošná hustota počáteční kontaminace (g.m⁻²)	Velikost individuální kapky (mg)
Soman	7,0	0,7
látka VX	1,0	0,1
Yperit	6,5	0,6 – 0,7

Významným bojovým nebo bezpečnostním faktorem je stálost BCHL i PCHL. Ta výrazně závisí na jejich fyzikálně-chemických vlastnostech, způsobu jejich použití, povětrnostních vlivech, fyzikálně-chemických vlastnostech a charakteru kontaminovaného povrchu a na teplotě kontaminovaného povrchu a okolí.

Nebezpečná kontaminace trvalými BCHL přetrvává v letním období po dobu několika hodin (Sarin) až dnů, v zimním období po dobu až několika týdnů (látky typu „V“) od vzniku kontaminace.

Nebezpečná kontaminace PCHL hrozí pouze v bezprostřední blízkosti zdroje kontaminace a zpravidla nepřekračuje dobu uvedenou v tabulce.

Tabulka Stálost vybraných BCHL na málo členitém povrchu

Teplota vzduchu	Rychlost větru (m.s ⁻¹)	SARIN (hodiny)		VX (dny)		YPERIT (hodiny)	
		kontaminováno					
		malými náboji (elementy kazet)	velkými náboji (bomby)	bezkontaktními minami	leteckým rozstřikova- cím zařízením	nárazovou municí (náboje, bomby)	
		působení par		působení kapek a par		kapky	páry
0	do 2	24	32	16	22	16	96
	2 a více	19	20	-	-	12	72
10	do 2	11	14	9	18	8	48
	2 a více	8	11	-	-	6	36
20	do 2	5	8	4	12	4	38
	2 a více	4	7	-	-	3	17
30	do 2	2,5	5	2	-	2,5	14
	2 a více	2	4	2	7	2	11

Kapalné BCHL a PCHL pronikají do hloubky materiálu. Rychlost a hloubka pronikání těchto látek do materiálu závisí především na poréznosti materiálu a povrchu materiálu v místě, kam dopadly jejich kapky.

Do neporézního materiálu (kov, sklo apod.) BCHL ani PCHL nepronikají a kontaminují pouze jeho povrch. Do porézního materiálu (dřevo, kůže, tkanina apod.) pronikají BCHL během několika minut. Rychlost pronikání lze zpomalit ochranným nátěrem.

Hloubka (rychlost) pronikání kapalných BCHL a PCHL značně vzrůstá s teplotou a velikostí jejich kapek.

Některé druhy výstroje a VM mohou být kontaminovány adsorbovanými (zachycenými) parami BCHL.

Tabulka Přípustné limity pro zbytkovou kontaminaci materiálů BCHL

BCHL	Přípustná zbytková kontaminace (mg.m ⁻²)	
	neresistentní materiály (syntetické nátěry, pryže)	resistentní materiály (polyuretanové nátěry, kovy, sklo)
Soman	200	20
látká VX	200	20
Yperit	500	50

Radioaktivní kontaminace

Radioaktivní kontaminace vzniká:

- a) při JV, který je uskutečněn na povrchu terénu nebo v malé výšce nad terénem popřípadě při podzemním JV uskutečněném v malé hloubce pod povrchem;
- b) při havárii jaderného průmyslového zařízení, která má za následek únik radioaktivních částic do životního prostředí mimo prostor zařízení;
- c) při pohybu v terénu, který je kontaminován radioaktivním prachem nebo blátem, jeho zvířením nebo zachycením ze země.

Radioaktivní kontaminace je způsobena vypadáváním radioaktivních částic z radioaktivního oblaku. Ten je tvořen nezreagovanou jadernou výbušinou, radionuklidy vzniklými při štěpné nebo fúzní jaderné reakci (cca 250 nuklidů při štěpné reakci) a zejména zeminou vyzvednutou do radioaktivního oblaku, na kterou se radionuklidy adsorbují. Účinek působení RL na osoby, závisí na jejich charakteru (alfa, beta nebo gama radionuklidy), jejich poločasu rozpadu a na vzdálenosti od povrchu lidského těla.

Problematiku ochrany proti účinkům ionizujícího záření řeší „radiační ochrana“. Převyšuje-li kontaminace osob a různých objektů RL přípustné normy, ohrožuje zdraví a život osob a zvířat. Přípustné normy kontaminace při vojenských a nevojenských operacích jsou shrnuty v následujících tabulkách.

Radioaktivní látky kontaminují objekty převážně na povrchu a jenom částečně pronikají do povrchu porézního materiálu, přičemž se jedná zejména radionuklidy rozpuštěné ve vodě. V tomto případě hovoříme o tzv. „rozpuštěné složce“ radioaktivní kontaminace, která je typická pro kontaminaci v prostředí dešťových srážek nebo výbuchů na vodní hladině.

Tabulka Přípustné hodnoty povrchových aktivit kontaminace při mírových operacích

A) Při plnění úkolů v trvání do 7 dnů

Stupeň ozáření (RES)	Stupeň radioaktivní kontaminace [Bq/cm ²], který nebude v dané kategorii stupně ozáření (RES) překročen		
	výzbroj a ochranné oděvy ¹⁾		kůže ²⁾
	vysoce toxické zářiče alfa ³⁾	zářiče beta a málo toxické zářiče alfa	pouze zářiče beta
Kategorie 1 A 0,05 – 0,5 cGy	5	50	10 (nejvíce 1 událost ⁴⁾)
Kategorie 1 B 0,5 – 5 cGy	50	500	10 (10 událostí ⁴⁾)
Kategorie 1 C 5 – 10 cGy	100	1000	10 (20 událostí ⁴⁾)
Kategorie 1 D	250	2500	10 (50 událostí ⁴⁾)

Stupeň ozáření (RES)	Stupeň radioaktivní kontaminace [Bq/cm ²], který nebude v dané kategorii stupně ozáření (RES) překročen		
	výzbroj a ochranné oděvy ¹⁾		kůže ²⁾
	vysoce toxické zářiče alfa ³⁾	zářiče beta a málo toxické zářiče alfa	pouze zářiče beta
10 –25 cGy			
Kategorie 1 D 25 –75 cGy	750	7500	10 (50 událostí ⁴⁾)

B) Při plnění úkolů v trvání do 3 měsíců

Stupeň ozáření (RES)	Stupeň radioaktivní kontaminace [Bq/cm ²], který nebude v dané kategorii stupně ozáření (RES) překročen		
	výzbroj a ochranné oděvy ¹⁾		kůže ²⁾
	vysoce toxické zářiče alfa ³⁾	zářiče beta a málo toxické zářiče alfa	pouze zářiče beta
Kategorie 1 A 0,05 – 0,5 cGy	0,5	5	10 (nejvíce 1 událost ⁴⁾)
Kategorie 1 B 0, 5 –5 cGy	5	50	10 (10 událostí ⁴⁾)
Kategorie 1 C 5 –10 cGy	10	100	10 (20 událostí ⁴⁾)
Kategorie 1 D 10 –25 cGy	25	250	10 (50 událostí ⁴⁾)
Kategorie 1 D 25 –75 cGy	75	750	10. 50 událostí ⁴⁾)

Poznámky:

- 1) Kalkulace předpokládají, že kontaminaci lze odstranit dekontaminací.
- 2) Manipulace s kontaminovanou výzbrojí bez použití ochranných oděvů je povolena pouze tehdy, nepřesahuje-li stupeň radioaktivní kontaminace kategorii 1 A.
- 3) O všech izotopech, které jsou zářiči alfa s výjimkou uranu, se předpokládá, že jsou vysoce toxické.
- 4) Čísla uvedená v závorkách znamenají nejvyšší dovolený počet událostí spojených s kontaminací bez ohledu na to, která část těla je kontaminována. Každá událost spojená s kontaminací může postihovat libovolný počet míst na těle. Po každé události musí co nejdříve následovat dekontaminace.

Tabulka Přípustné normy kontaminace pokožky a povrchu různých objektů RL při vojenských operacích

Název kontaminovaného objektu	Veličiny, jednotky	
	plošná aktivita <i>rozpad.minuta⁻¹.cm⁻²</i>	dávkový příkon <i>mGy.h⁻¹</i>
Odkryté části těla (obličej, šíje, ruce) a další části těla nepřesahují 10 % plochy celého těla	0,8.10 ⁶	0,045
Povrch celého těla	1,1.10 ⁶	0,15
Spodní prádlo, lícnice ochranné masky (OM), oděvy, výstroj, obuv, PIO, osobní zbraně, zdravotnický materiál (obvazový materiál, nosítka apod.)	3,5.10 ⁶	0,5
Obaly na potraviny, kuchyňské zařízení, vybavení jídelen, pekáren a potravinářských skladů	3,5.10 ⁶	0,5
Dopravní prostředky, letadla, speciální vozidla, děla, minomety, raketomety a technické příslušenství	5.10 ⁶	2
Obrněná technika (obrněné transportéry, bojová vozidla pěchoty, tanky, odpalovací zařízení)	1.10 ⁷	4

Poznámky:

- 1) Při měření stupně kontaminace vyjádřeného dávkovým příkonem musí být vzdálenost mezi sondou přístroje a povrchem objektu 1 až 1,5 cm.
- 2) Dochází-li k radioaktivní kontaminaci lidského těla při dešti (přes mokrou výstroj), je přípustná norma kontaminace těla a spodního prádla $250\,000\text{ rozpadů}\cdot\text{minuta}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$.
- 3) Je-li kontaminace způsobena zplodinami JV, jejichž stáří je do 12 hodin, uvedené hodnoty se zvětšují 4x, při stáří zplodin od 12 do 24 hodin se hodnoty zvětšují 2x.

Biologická kontaminace

K biologické kontaminaci dochází:

- a) při napadení BBL;
- b) při havárii průmyslového zařízení vyrábějícího nebo skladujícího PBL;
- c) při pohybu v terénu kontaminovaném BBL.

Doba kontaminace choroboplodnými zárodky a toxiny závisí na roční době, meteorologických podmínkách a na stálosti okolní atmosféry. Stálost se může pohybovat v rozmezí několika dní až měsíců, u spor až několik let.

Bojové biologické látky kontaminují různý materiál převážně na povrchu, do hlouby porézního materiálu pronikají pouze nepatrně.

Kontaminace RL, BCHL, BBL a PNL způsobuje vyřazení nechráněných osob, znemožňuje používání VM, dále pobyt v terénu a nechráněných objektech a ztěžuje tak bojovou činnost vojsk, zejména vyčerpáním sil v důsledku dlouhodobého používání PIO. Jedním z bojových faktorů použití ZHN, vedle vyřazení sil a ničení VM, je právě zpomalení činnosti (postupu) nepřítele realizováním opatření ochrany vojsk, zejména ochrany proti ZHN.

Osoby a VM musejí být vždy, dovoluje-li to plnění bojového úkolu, chráněny před případnou kontaminací. Odstranění vlivu kontaminace RL, BCHL, BBL a PNL nebo její omezení na nejnižší možnou míru je jedním z hlavních úkolů při odstraňování následků použití ZHN.

2. Základní pojmy, rozdělení dekontaminace a zásady jejího provádění

Dekontaminace představuje proces, při němž se osoby, předměty nebo prostory stávají bezpečnými sorpcí, zničením, neutralizací, nebo přeměnou škodlivých látek na neškodné nebo odstraňováním RL, BCHL, BBL a PNL, které na těchto osobách, objektech nebo prostorech ulpěly.

Cílem dekontaminace je:

- a) snížit ohrožení osob;

- b) umožnit pokračovat v plnění úkolu s minimálním zpožděním nebo narušením;
- c) snížením stupně nutné ochrany jednotlivců zvýšit jejich výkonnost;
- d) zabránit přenosu kontaminantů na nekontaminované osoby, VTM a terén.

Předcházení kontaminaci a preventivní opatření patří k hlavním zásadám ochrany proti ZHN. Dekontaminace jako opatření je součástí CHZ.

Dekontaminace vojsk zahrnuje dekontaminaci osob, dezaktivaci, odmořování (detoxikaci) a dezinfekci vojenské techniky a materiálu, terénu, ochranných staveb, objektů a podle potřeby i terénu.

Dekontaminaci v závislosti na typu kontaminace dělíme na dezaktivaci, odmořování a dezinfekci.

Dezaktivace zahrnuje odstraňování RL z povrchů osob, vnějších a vnitřních povrchů kontaminovaných objektů a materiálu na přípustné hodnoty stanovených norem.

Odmořování (detoxikace) spočívá v odstranění nebo snížení toxického působení rozkladem nebo odstraněním BCHL a PCHL z vnějších a vnitřních povrchů kontaminovaných objektů a materiálu.

Dezinfekcí rozumíme potlačení rozmnožování nebo zničení patogenních (choroboplodných) mikroorganismů na předmětech, povrchu těla osob a ve vnějším prostředí (ve vodě, vzduchu) apod. a v infekčním materiálu pomocí dezinfekčních látek a postupů.

Při odmořování a dezinfekci jsou využívány stejné, nebo alespoň velmi podobné účinné látky, postupy a metody. Většina prakticky používaných odmořovacích směsí má současně dezinfekční účinky.

Dekontaminace osob zahrnuje hygienickou očistu povrchu těla osob, dekontaminaci jejich PIO, osobních zbraní, výstroje a materiálu. Hygienická očista zahrnuje mytí povrchu těla osob teplou vodou a mýdlem, případně speciálními detergentními nebo dezinfekčními prostředky (roztoky). Tato dekontaminace bývá zpravidla spojena s výměnou výstroje.

Dekontaminaci můžeme z operačního hlediska rozdělit na:

- a) okamžitou;
- b) částečnou;
- c) úplnou a
- d) čistou.

První tři typy dekontaminace budou dále blíže charakterizovány v následujících podkapitolách. Čistá dekontaminace výrazně přesahuje rozsah předmětu a studijního textu, a proto je uvedena pouze stručná definice, tak jak ji stanovují alianční dokumenty.

Čistá dekontaminace - je dekontaminací výzbroje a (nebo) osob, které jsou dočasně nebo trvale vyňaty z bojové činnosti, na úroveň zajišťující jejich neomezené přesuny, údržbu, použití nebo vyřazení z výzbroje. Jedná se zpravidla o speciální a náročné technologie, které nelze provádět v rámci operace, ale až po jejím ukončení.

V závislosti na naléhavosti situace dělíme dekontaminaci na pasivní a aktivní.

Pasivní definujeme jako dekontaminaci uskutečňovanou přirozeným procesem rozkladu, neutralizace nebo odpaření, bez aktivního působení lidského činitele. Někdy se také nazývá „přirozená dekontaminace“ nebo „odvětrávání“. Tento druh dekontaminace je využitelný zejména v situacích, kdy kontaminovaný materiál nebude dlouhou dobu používán nebo pro odmoření terénu, který je mimo zájmový prostor operace. Může trvat v rozsahu několika dnů až týdnů při kontaminaci BCHL nebo BBL, a až několik (desítek) let po kontaminaci RL.

Aktivní je definována jako cílené využití chemického, fyzikálně-chemického, fyzikálního, biologického anebo mechanického působení, které způsobí zneškodnění (neutralizaci) nebo odstranění BCHL, BBL nebo RL. Aktivní dekontaminace se provádí v situaci, kdy kontaminace nepříznivě ovlivňuje bojeschopnost útvarů a jednotek, což může mít za následek nesplnění cílů operace.

Při plánování realizace dekontaminace je potřebné, aby velitelé a štáby brali v úvahu tyto zásady:

- 1) **co nejdříve** – čím dříve se dekontaminuje, tím méně se kontaminant absorbuje do povrchu materiálu a tím bude proces účinnější; tím se šetří čas a potřebné úsilí. Zvyšuje se úroveň osobní ochrany a obnovení plné bojeschopnosti;
- 2) **pouze to, co je nezbytné** – dekontaminační procesy jsou velmi náročné na materiální zabezpečení a vyžadují mnoho času. Proto se dekontaminují pouze ty objekty (místa), které jsou nezbytné k plnění úkolu;
- 3) **co nejbližší prostoru kontaminace** – dekontaminaci je třeba uskutečňovat co nejbližší prostoru, ve kterém byly jednotky kontaminovány, jak jen je to z taktického hlediska možné, aby se zabránilo šíření kontaminace a předešlo se přemísťování osob a výzbroje důležitých pro plnění úkolu;
- 4) **stanovit priority** – velitel musí vzít v úvahu a stanovit priority pro dekontaminaci vojenských zdrojů tak, aby co nejlépe zajistil splnění cílů operace.

Při realizaci dekontaminačních postupů je tedy nezbytné věnovat pozornost zejména následujícím faktorům ovlivňujících realizaci dekontaminace:

- fyzikálně chemickým vlastnostem kontaminantu (zejména u BCHL a PCHL - toxicita, viskozita, těkavost, rozpustnost v nátěrovém systému);
- hustotě plošné kontaminace povrchu a velikosti kapek BCHL a nebezpečné PCHL, druhu RaL a její aktivitě, druhu patogenu a jeho množství;
- fyzikálně chemickým vlastnostem kontaminovaného povrchu (členitost, nasákavost, teplota, znečištění, chemická stálost vůči dekontaminačnímu činidlu);
- povětrnostním podmínkám a dalším vlivům (teplota vzduchu, množství srážek, prašnost, rychlost větru);
- fyzikálně chemickým vlastnostem dekontaminačních činidel (smáčivost povrchu, chemická reaktivita a stálost, tepelná kapacita), způsobu a formě jejich aplikace na kontaminovaný povrch.

Mezi obecné požadavky kladené na realizaci dekontaminace patří její:

- *účinnost* – je závislá nejen na vlastnostech kontaminantu a dekontaminačních směsí nebo roztoků, ale významnou měrou ji ovlivňuje i charakter dekontaminovaného povrchu (interakce povrchu s kontaminantem a následně s dekontaminační směsí nebo roztokem). Účinnost dekontaminace rovněž významně ovlivňují meteorologické podmínky (především teplota vzduchu a rychlost větru). Účinnost je tedy ovlivněna značným množstvím faktorů, které její průběh modifikují. Vysokou účinnost dekontaminace je možno označit za prioritní požadavek pro její úspěšnou realizaci;
- *rychlost* – pomalý dekontaminační postup neznamená pouze větší spotřebu času, ale v některých případech může vést i k neúspěšné realizaci celé dekontaminace. Správný výběr dekontaminačního postupu vyžaduje hluboké znalosti dekontaminačních procesů a dovedné použití vhodných technických prostředků;
- *minimální poškození materiálu* – je velmi významným požadavkem. Většina dekontaminačních procesů využívá zejména chemických reakcí nebo se při nich pracuje za vyšších teplot, což působí negativně na dekontaminovaný povrch materiálu. V závislosti na konstrukčních vlastnostech materiálu může docházet ke změnám fyzikálních a mechanických vlastností materiálu, což může vést až ke značnému snížení jeho použitelnosti. Škodlivé účinky dekontaminačních směsí a roztoků, jako například jejich toxicita a dráždivost je také nutno posuzovat z hlediska jejich působení na zdraví zasahujícího personálu. Při hromadné aplikaci těchto směsí a roztoků nesmí dojít k trvalému poškození životní prostředí (ekotoxikita), nebo musí být alespoň minimalizováno jeho poškození. Zcela specifické požadavky na korozivní neagresivitu dekontaminačního

postupu je nutné vyžadovat pro dekontaminaci korozně vysoce citlivých elektronických přístrojů, optických soustav, zorníků ochranných masek, plexiskla a podobně. Pro tzv. „citlivé povrchy“ jsou zkoumány a aplikovány dekontaminační postupy zejména na fyzikálních principech;

- *univerzálnost (polyvalentnost) účinku* – lze ji posuzovat z mnoha hledisek. Nejdůležitějším hlediskem je univerzálnost procesu ve vztahu k různým skupinám kontaminantům. Obtížnost řešení této problematiky je způsobena zejména tím, že se jedná o různorodé látky, které je nutné neutralizovat nebo odstranit ze zájmových povrchů chemickým, fyzikálním nebo mechanickým způsobem. Naplněním tohoto požadavku je využitelnost směsi či roztoku jak pro dezaktivaci tak i odmoření a dezinfekci. Požadavky jsou také kladeny na materiálovou univerzálnost, tj. použitelnost na širokou paletu konstrukčních materiálů. Nemalý význam má také univerzálnost použití v širokém rozpětí teplot (-30 až $+40$ °C), při obvyklých hodnotách dešťových srážek a bez ohledu na denní dobu (tj. nezávislost na sluneční radiaci);
- *ekonomičnost (hospodárnost)* – lze sem zahrnout zejména dostupnost a cenu komponent pro přípravu dekontaminačních směsí a roztoků. Tato skutečnost má značný význam, neboť je jich potřeba velké množství. Celková ekonomická náročnost souvisí také s požadovanou nízkou jednotkovou spotřebou směsí a roztoků (do $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$), která spolu s možností využívat pro jejich přípravu i dostupné přírodní a hospodářské zdroje představují její logistickou nenáročnost. Je ovlivňována požadavky na snadnou a rychlou přípravu aplikační směsi nebo roztoku z jednotlivých komponent a jejich stabilitu. Cílem je pokud možno realizovat pouze kontinuální přípravu směsi či roztoku, tj. připravit pouze takové množství, které je technickými prostředky ihned aplikováno na dekontaminovaný povrch.

Nalezení dekontaminačního postupu, který beze zbytku splňuje výše uvedené požadavky, je v dekontaminační praxi v podstatě nerealizovatelné. Cílem výzkumu a vývoje v této oblasti je maximální přiblížení se těmto požadavkům. V praxi je naplnění těchto požadavků realizováno racionálním systémem zavedených dekontaminačních směsí a roztoků, které jsou na zájmové povrchy aplikovány vhodnými technickými prostředky.

Pro dekontaminaci lze využít poměrně širokou škálu procesů a technologií, jejichž použití ovlivňuje nebo předurčuje řada faktorů a to zejména druh kontaminantu, fyzikálně chemické vlastnosti kontaminovaného povrchu, především jeho nasákavost a odolnost, rozměry dekontaminovaných předmětů apod.

Procesy využitelné pro dekontaminaci můžeme rozdělit na:

- *chemické* – zahrnují působení aktivního chemického činidla, zpravidla ve formě odmořovací směsi nebo roztoku. Chemickou reakcí převádí nebezpečnou chemickou látku (BCHL, PCHL) na sloučeninu s výrazně nižším toxickým účinkem nebo způsobuje její úplný rozklad spojený se zánikem toxického účinku. Pro odmořování BCHL jsou využívány aktivní komponenty zejména ze skupin zásad, oxidačních činidel a chloračně oxidačních činidel. Patří sem např. oxidace, nukleofilní substituce, fotochemické reakce, mikroemulze aj.;
- *fyzikální* – jsou založeny na odstranění kontaminantu ze zájmového povrchu, přičemž se účinky těchto kontaminantů výrazným způsobem nemění. De facto se přesune kontaminace na jiné místo nebo do jiného prostředí, které se tímto stává nebezpečným. Zahrnujeme sem např. sorpci, odpařování, smývání, technologie vysokotlakých systémů aj.;
- *fyzikálně-chemické* – zahrnují zpravidla postupy nebo technologie založené na účinku chemicky reaktivních částic, které vznikají v průběhu dekontaminace vlivem fyzikálního působení vysokými energiemi, zářením apod. Patří sem např. použití plazmy, záření gama aj.;
- *mechanické* – zahrnují zpravidla jednoduché postupy, které jsou založeny na mechanickém účinku dekontaminačního prostředku (např. ometání, kartáčování, vyklepávání, otírání), proudu vzduchu (např. ofukování, vysávání vnějších a vnitřních povrchů), kapaliny nebo jiného média, využití ultrazvuku nebo na odstranění kontaminované vrstvy materiálu či její překrytí vrstvou nekontaminovaného materiálu, např. speciální fólií atp.;
- *biologické* – využívají schopnosti organismů, rostlin nebo enzymů degradovat za určitých podmínek poměrně širokou škálu organických látek škodících k životnímu prostředí. Tyto schopnosti hub nebo rostlin jsou zejména využitelné při dekontaminaci půdy a vody. Enzymy jako biologické katalyzátory jsou využitelné i pro degradaci BCHL ve formě odmořovacích směsí;
- *ostatní* – výše nezařazené, které jsou využívány zejména k ochraně či zvýšení odolnosti zájmového povrchu proti účinkům kontaminantu. Patří sem např. ochranné povlaky, nátěrové systémy, nanotechnologie a další.

3. Principy a postupy dekontaminace

Působení technických prostředků a zařízení při provádění dekontaminace materiálu, techniky, objektů a terénu je založeno na dvou základních principech. Jedná se o *mokrý* a *suchý princip dekontaminace*.

Mokrý princip dekontaminace je založen na nanesení a působení kapalných odmořovacích, dezaktivacích a dezinfekčních roztoků nebo směsí na kontaminovaný povrch a to zpravidla ve formě kapaliny, suspenze, pěny, disperze a obrácené emulze. V závislosti na meteorologické situaci a charakteru kontaminace jsou používány směsi na bázi vody nebo organických rozpouštědel. Lze je realizovat dvěma základními způsoby dekontaminace a to *stacionárním nebo průjezdným způsobem*.

Stacionární způsob dekontaminace může být realizován ve třech základních modifikacích. Nejstarší ze zavedených modifikací je založena na nanášení směsi s použitím proudnic, příp. proudnic s kartáči a provedení nízkotlakého oplachu. S rozvojem dekontaminačních prostředků a zavedením nových dekontaminačních směsí byly zavedeny novější modifikace.

První z nich spočívá v aplikaci směsi nástřikovou proudnicí s tryskou a následným vysokotlakým oplachem proudnicí vytvářející rotující paprsek vody o tlaku 4 až 9 MPa. Zajišťuje urychlení dekontaminace a zvyšuje její účinnost i na méně přístupných místech.

Druhá modifikace spočívá v nanášení směsi ve formě pěny prostřednictvím nástřikové proudnice s pěnotvornou hubicí a následným nízkotlakým nebo vysokotlakým oplachem. Vyznačuje se vysokou účinností a efektivním využitím detergenčních vlastností použité směsi.

Obě uvedené modifikace jsou využívány pro provádění dekontaminace vnějších povrchů materiálu a techniky. Společnou nevýhodou výše uvedených efektivních způsobů dekontaminace zůstává jejich využitelnost pouze v letních podmínkách.

V roce 2007 byly výše uvedené modifikace rozšířeny o aplikaci peroxidové dekontaminační směsi určené k dekontaminaci vnitřních nasákavých povrchů materiálu a techniky s použitím stříkací pistole. Tato technologie se od předchozích liší tím, že je bezoplachová.

V oblasti výzkumu a vývoje realizovaného v gesci MO byly provedeny zkoušky materiálově neagresivní dekontaminace nenásákavých citlivých povrchů s pomocí práškové disperzní směsi aplikované metodou nástřiku stříkací pistolí nebo vysokotlakým agregátem. Po nanesení směsi dojde k odpaření kapalné komponenty a produkty dekontaminace se odstraní odsátím s použitím průmyslového vysavače s účinnou filtrací. Doposud však tato směs nebyla zavedena do výzbroje CHV AČR. Výše uvedený technologický postup dekontaminace by byl tedy další možnou modifikací stacionárního způsobu dekontaminace.

Výhody stacionárního způsobu spočívají zejména ve vysoké účinnosti dekontaminace způsobené kombinací chemického a fyzikálního působení směsí zvýšeného možným mechanickým účinkem kartáče, v nízké potřebné koncentraci směsí a jejich ekonomickém

využití. Ačkoli bývá pro svoji časovou náročnost a namáhavost považován za neperspektivní, má nesporné uplatnění při realizaci jak centralizované, tak zejména decentralizované dekontaminace a při dekontaminaci členitých a silně znečištěných povrchů.

Průjezdový způsob dekontaminace je realizován s využitím průjezdných rámu seřazených na komunikaci za sebou. Může být *kontinuální* nebo s *průběžnými technologickými zastávkami*. Dekontaminační linka je složena z mycího rámu pro zabezpečení hrubé očisty tlakovou vodou, postřikového rámu k nanesení dekontaminační směsi a mycího rámu k provedení konečného oplachu tlakovou vodou. Mycí rámy jsou napojeny na čerpací agregáty a postřikový rám na dekontaminační automobil. Tento způsob dekontaminace je vysoce hodnocen pro svoji poměrně vysokou mechanizaci a kapacitu, problematickou se jeví jeho účinnost zejména u těžko dostupných míst na mobilní technice a velká spotřeba směsí a vody. Je uplatňován při realizaci hromadné dekontaminace mobilní techniky.

Požadavky na realizaci účinné dekontaminace zájmových povrchů vyžadují v mnoha případech kombinovat jednotlivé výše uvedené způsoby.

Suchý princip dekontaminace využívá tepelné a kinetické energie proudu spalín leteckého proudového motoru působících na kontaminovaný povrch. V případě dezaktivace a dezinfekce je tento způsob modifikován na plynokapkový, kdy pro zvýšení účinnosti je v případě dezaktivace vstřikována do proudu spalín voda a v případě dezinfekce 5% dezinfekční suspenze chlornanu vápenatého. K odmořování malých předmětů lze využít i sorpčních postupů, založených na zadržení či zneškodnění toxických látek ve vhodném sorpčním materiálu. Suchý princip dekontaminace lze uplatnit i na dekontaminaci vybraných vnitřních povrchů. Je však diskutována jeho menší produktivita zejména při odmořování a dále pak jeho poměrně nízké využití dodávané tepelné energie. Přes tyto nedostatky je však uplatnitelný v zimních podmínkách a vyznačuje se vysokým stupněm mechanizace dekontaminačních prací.

Dekontaminační postup při dekontaminaci materiálu, techniky a dalších zájmových povrchů je definován, jako sled dílčích operací, které zahrnují hrubou očistu, aplikaci dané dekontaminační směsi a závěrečný oplach, popř. další operace. Operace se uskutečňují předepsaným způsobem s cílem dosáhnout co nejnižší zbytkovou kontaminaci dekontaminovaného zájmového povrchu, resp. dosáhnout co nejvyšší účinnosti dekontaminace. Postup a jeho dílčí operace se charakterizují např. tlakem, teplotou vody nebo použitou součástí dekontaminační techniky, která se využívá pro hrubou očistu, vlastní dekontaminaci nebo pro závěrečný oplach, typem dekontaminační směsi, její teplotou, plošnou hustotou jejího nánosu na dekontaminovaný povrch, dobou jejího působení a způsobem její aplikace.

Účinnost dekontaminace se uvádí v procentech a vyhodnocuje na základě provedeného měření před započítáním a následně po ukončení dekontaminace. Lze ji vypočítat podle vztahu:

$$\dot{U}_D = \frac{(K_p - K_u) \times 100}{K_p} \quad [\%]$$

kde K_p je hodnota kontaminace před zahájením dekontaminace;

K_u je hodnota kontaminace po ukončení dekontaminace.

Z hlediska rozsahu prováděných dekontaminačních prací, použití dekontaminační techniky a zařízení a množství dekontaminované techniky, materiálu a osob lze provádění úplné dekontaminace jednotkami dekontaminace označit za tzv. hromadnou dekontaminaci. Tento pojem sice není uváděn v žádném normotvorném dokumentu ČR, ale je běžně používán jak v ČR, tak i v zahraničí. V zahraničí literatuře je označován jako „Mass decontamination“. Rozdílný je mnohdy pouze pohled na to, jaké množství dekontaminované techniky a materiálu či osob je chápáno jako „hromadné“. Obecně lze však říci, že se jedná o realizaci dekontaminace většího počtu techniky, materiálu a osob, např. od 10 ks techniky a 50 osob.

Při provádění *hromadné dekontaminace techniky a materiálu* se zpravidla používá tzv. tříetapový způsob. V závislosti na klimatických podmínkách, druhu kontaminantu, charakteru činnosti či použití vybraného dekontaminačního prostředku lze na základě rozhodnutí velitele zásahu použít i dvou resp. jednoetapový způsob dekontaminace. Dvouetapový způsob dekontaminace spočívá v aplikaci dekontaminační směsi a provedení závěrečného oplachu. Jednoetapový způsob zahrnuje pouze aplikaci dekontaminační směsi bez realizace oplachu.

Při provádění *hromadné dekontaminace osob* se používá dvouetapového způsobu spočívajícího v aplikaci dekontaminační směsi na povrch těla a provedení následného oplachu teplou vodou. Tato dekontaminace bývá zpravidla spojena s výměnou výstroje.

K provádění dekontaminace jsou v současné době používány látky, směsi a roztoky.

Pro vlastní realizaci dekontaminace je nutné se řídit následujícími hlavními zásadami:

- a) odmořování BCHL se provádí co nejdříve po kontaminaci. Včasné odmořování méně účinným prostředkem je vhodnější než opožděné použití účinnějších dekontaminačních směsí;
- b) při současné kontaminaci vojenské techniky, výzbroje a munice RL, BCHL a BBL se nejdříve provádí odmoření (dezinfekce), neboť tyto postupy mají současně dezaktivaci účinnost. Nedojde-li ke snížení stupně radioaktivní kontaminace pod stanovené normy, provede se dezaktivace;

c) při dezaktivaci se nejprve uskutečňuje dekontaminace za sucha a není-li tento způsob dostatečně účinný, použijí se dezaktivací směsi a rozpouštědla.

Při dekontaminaci je třeba postupovat podle těchto obecných pravidel:

- a) zjistí se stupeň a rozsah kontaminace a stanoví se postup dekontaminace a úkoly pro jednotlivé příslušníky obsluhy, která dekontaminaci vykonává;
- b) dekontaminovaná technika se umístí tak, aby nedocházelo k opětovné kontaminaci již očištěných částí a kontaminovaná voda (rozpouštědla) neodtékala na čistou část. Při dezaktivaci za sucha je nutno dbát na směr větru;
- c) zkontroluje se, zda jsou zajištěny (vybity) zbraně dekontaminované techniky;
- d) připraví se všechny prostředky potřebné k dekontaminaci a jámy pro ukládání kontaminovaného odpadu;
- e) zkontroluje se funkce a správné nasazení PIO. Tyto prostředky se nasazují a snímají na určených místech, kde nehrozí možnost kontaminace;
- f) před vlastními dekontaminačními pracemi se odstraní bláto a silné vrstvy konzervačního materiálu;
- g) provede se dekontaminace podle zvolené metodiky. Při nanášení směsí a otírání se postupuje vždy tak, že se směs nanáší **odshora dolů**. Je-li nezbytné, aby osoba vykonávající dekontaminaci vystoupila na očišťovanou techniku, očistí se nejprve místa, kterých se bude tato osoba dotýkat;
- h) sejmou se plachty, náklad apod. tak, aby nedocházelo k přenosu kontaminace. Náklad a příslušenství se očišťují zvlášť;
- i) součásti, které nelze dekontaminovat se podle potřeby vymění (olejové filtry, čističe vzduchu apod.);
- j) zkontroluje se, jsou-li provedeny všechny nezbytné úkony;
- k) technika se přemístí na čistou část, při úplné dekontaminaci se odstraní zbytky dekontaminačních směsí, zkontroluje se úplnost dekontaminace a čistá technika se nakonzervuje;
- l) o každé dekontaminaci se učiní záznam do provozní dokumentace vojenské techniky a výzbroje, kde se uvede datum a hodina kontaminace, druh kontaminace, kdy a jakým způsobem byla provedena dekontaminace a výsledek kontroly úplnosti dekontaminace.

4. Dekontaminační látky a směsi

Speciální dekontaminační látky, směsi a roztoky jsou velmi důležitou složkou zavedených dekontaminačních postupů a technologií. Efektivní využití dekontaminačních prostředků, zařízení a techniky je podmíněno existencí a dalším vývojem vysoce účinných odmořovacích, dezaktivacích a dezinfekčních látek, směsí a roztoků, které představují významnou a náročnou oblast oboru dekontaminace.

V současné době jsou k dekontaminaci VM, objektů a terénu v AČR zavedeny a chemickým vojskem používány dekontaminační látky, směsi a roztoky uvedené v tabulce.

Směs	Složení	Použitelnost	Doba aplikace	Spotřeba	Poznámka
1	2	[°C]	[min]	[dm ³ .m ⁻²]	6
chlornanová OS	2 % Ca(OCl) ₂ , 0,5 % detergentu ALFA 1 % nafty, zbytek voda.	t > +10 pro t < +10 nutný ohřev vody	15 – 30	2,5 – 3 teplý 1,5	Minimální obsah aktivního chloru 1 %.
OS č. 1	10 % směs dichloraminu v dichlorethanu.	-35 až +40	10 – 15	0,5 – 0,6	Obsah aktivního chloru 4 – 5 %. VX a YPERITY.
OS č. 2	10 % NaOH, 25 % monoethanolaminu ve vodě.	-40 až +40	10 – 15	0,5 – 0,6	V létě se ředí v poměru 1:4. Látky „G“.
OS č. 3	30 % cyklohexylaminu, 40 % monoethanolaminu, 30 % ethanolu, na každý litr 98 g KOH.	-25 až +40	30	0,1 – 0,25	0,1 pro OFOL 0,25 pro HD
ODS č. 4	3 % detergentu LINKA 1, 2 % NaOH, zbytek voda.	0 až +60	5	0,5	Mokrý průjezdný kontinuální způsob.
	0,15 % detergentu LINKA 1, 0,1 % NaOH, zbytek voda.		ihned	2,5	Mokrý stacionární – proudnicový způsob (s kartáčí).
ODS č. 5	3 % detergentu LINKA 2, voda.	-10 až +40	5	0,1 – 0,25	Mokrý průjezdný kontinuální způsob.
			5	0,3	Ve formě pěny.
	0,3 % detergentu LINKA 2, voda.		ihned	1 – 2,5	Mokrý stacionární – proudnicový způsob (s kartáčí).

Směs	Složení	Použitelnost	Doba aplikace	Spotřeba	Poznámka
1	2	[°C]	[min]	[dm ³ .m ⁻²]	6
dezaktivací	5 % vodná směs detergentu ALFA.	pod +10 ohřev vody na 60	-	0,5	Mokrý průjezdný kontinuální způsob.
	0,5 % vodná směs detergentu ALFA.			2,5 – 3 teplý 1,5	Mokrý stacionární – proudnicový způsob (s kartáčí).
dezinfekční	Převážně se jedná o vodné roztoky látek s dezinfekčními účinky, např. persterilu (2 %), formaldehydu (až 5 %), chlornanové OS, lyzolu (5 %).	pod 0	až 60	VM cca 4	Mnohdy je nutno množství roztoku a doby působení až zdvojnásobit. Pod je zpravidla nutno roztok ohřát.
		nad 0		VM cca 1	
Emulzní DS	85 objemových dílů 10 % vodné suspenze chlornanu vápenatého a 15 objemových dílů emulgačního oleje EO 04	-10 až +40	30	1	Po nanesení směsi ponechat VM na místě. Není vhodná pro RaL. Pod je nutno ohřát suspenzi na 20 – 30 °C.
Peroxidová DS	30 objemových dílů 30 % peroxidu vodíku a 70 objemových dílů organické komponenty peroxidové směsi	0 až +40	30	0,5	Na vnitřní nasákové povrchy VM, bez- oplachová.

33

ZÁVĚR

Vyhodnocení zaměstnání a vydání pokynů pro samostatnou přípravu studentů z dané problematiky.

Kontrolní otázky:

1. Stručně charakterizujte možný vznik jednotlivých typů kontaminace.
2. Objasněte co je obsahem dekontaminace a uveďte jaké je její základní členění.
3. Uveďte zásady, které je nutno dodržovat při provádění dekontaminace.
4. Jaké faktory ovlivňují realizaci dekontaminace?
5. Jaké procesy se uplatňují při realizaci dekontaminace?
6. Jaké směsi a roztoky lze použít k dekontaminaci zájmových povrchů při teplotě vzduchu pod 0 °C?
7. Uveďte látky, směsi a roztoky používané k hromadné dekontaminaci osob.
8. Stručně pojednejte o principech dekontaminace zájmových povrchů.
9. Co je účinnost dekontaminace a podle jakého obecného vztahu ji lze vypočítat?
10. Charakterizujte dekontaminační postupy používané při dekontaminaci techniky, materiálu a osob.