

## VÝZKUM DETEKČNÍCH TRUBIČEK PRO BOJOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY V ČESKÉ REPUBLICE

VLADIMÍR PITSCHMANN<sup>a</sup>, EMIL HALÁMEK<sup>b</sup>,  
ZBYNĚK KOBLIHA<sup>b</sup> a IVANA TUŠAROVÁ<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Oritest spol. s r.o., Staropramenná 17, 150 00 Praha 5,

<sup>b</sup> Ústav ochrany proti zbraním hromadného ničení, Univerzita obrany, Kounicova 65, 612 00 Brno  
pitschmann@oritest.cz

Došlo 14.11.08, přepracováno 15.3.10, přijato 10.6.10.

Klíčová slova: bojové chemické látky, polní analýza, detekční trubičky, chemický průkazník

### Obsah

1. Úvod
2. Detekční trubičky v polní analýze bojových chemických látek
3. Hlavní směry a výsledky výzkumu a vývoje
4. Vývoj chemického průkazníku
5. Perspektivy výzkumu a vývoje

### 1. Úvod

Před patnácti lety, kdy byla podepsána *Úmluva o zákazu chemických zbraní* (1993), se mnozí domnívali, že bojové chemické látky (BCHL) ztratily na svém významu. Jak se však později ukázalo, došlo pouze k přeskupení priorit. Namísto dosavadní hrozby rozpoutání globální války za použití chemických zbraní, což kromě jiného předpokládá masovou výrobu, hromadění a nasazení BCHL, objevilo se vysoké riziko chemického terorismu a zneužití toxických látek v lokálních konfliktech a občanských válkách v méně kontrolovaných částech světa. Hrozba použití toxických látek nebo přímo chemických zbraní se stala trvalou součástí těchto válečných konfliktů s nižší intenzitou<sup>1–3</sup>.

Shodou okolností rovněž před patnácti lety, v důsledku probíhajících změn po vzniku České republiky, bylo nutné navázat na tradice v oboru československé „vojenské“ chemie a zajistit další rozvoj ochrany vojsk a obyvatelstva proti chemickým zbraním v nových a proměnlivých podmínkách. Rozhodujícím faktorem celého oboru ochrany proti chemickým zbraním je přitom rychlé, selektivní a citlivé určení BCHL a dalších toxických sloučenin a jejich analytická kontrola. Přes pokrok v analytické instrumentaci si svoje místo v systému technických prostředků chemického průzkumu a kontroly zachovávají

takové, které jsou založeny na určité (bio)chemické reakci a které jednoduchým postupem, nezbytným pro použití v extrémních polních podmínkách a nezaškolenou obsluhou, relativně rychle a citlivě umožňují určit přítomnost určité toxické látky nebo skupiny látek s podobnými účinky na živou sílu, a to v atmosféře, na různých površích, ve vodě a potravinách. Přestože rozličné typy automatických detektorů budou i nadále představovat základ systému technických prostředků chemického průzkumu a kontroly, budou vedle nich s výhodou využívány i jednoduché prostředky, jako jsou detekční trubičky. Na rozdíl od sofistikovaných metod a prostředků jsou obvykle levné, dostupné a nenáročné na zacházení. Umožňují i rychlou modernizaci a inovaci při změnách v arzenálu toxických látek. Navíc metody a postupy chemické analýzy tvoří základ mobilní laboratorní chemické kontroly BCHL a dalších toxických vojensky významných sloučenin<sup>4–8</sup>.

Dlouhodobá orientace části výzkumné aktivity na chromogenní reakce toxických sloučenin v Ústavu ochrany proti zbraním hromadného ničení Univerzity obrany, Brno, ve spolupráci s domácími vývojovými a výrobními organizacemi (Oritest spol. s r.o., Praha, Tejas s.r.o. Jablonec) vedly ke vzniku národního výrobního programu detekčních trubiček a k pokračování systematického výzkumu a vývoje chemických metod a jednoduchých prostředků polní analýzy BCHL a dalších toxických sloučenin, určených především pro oblast obrany a bezpečnosti, ochranu vojsk a obyvatelstva. Cílem tohoto článku je nabídnout stručný přehled výsledků, které byly dosaženy za patnáct let výzkumu, vývoje a výroby detekčních trubiček k určení BCHL.

### 2. Detekční trubičky v polní analýze bojových chemických látek

#### Stručná historie

V roce 1906 objevil ruský chemik Michail Cvět chromatografickou analýzu, která podmínila i vznik detekčních trubiček. Základní myšlenkou je rozdělení bezbarvých látek v chromatografické koloně a jejich detekce chemickými činidly vyvolávajícími charakteristická zbarvení. Detektory připomínající detekční trubičky se objevily již v období 1. světové války. Jeden z prvních byl navržen v roce 1917 v USA a patentován o dva roky později. Jeho náplň, která obsahovala silikagel impregnovaný oxidem jodičným a kyselinou sírovou s rozpuštěným oxidem sírovým, byla citlivá na přítomnost oxidu uhelnatého ve vzduchu. Detektory tohoto typu prošly v následujících desetiletích bouřlivým rozvojem, který se dosud nezastavil, přestože již dlouho panuje obecný náhled, že detekční trubičky mají význam spíše jen historický.

Skutečná historie detekčních trubiček pro BCHL pak začala až v roce 1934, kdy německá firma Dräger vyvinula analytickou soupravu (DS-Gerät) na bázi tzv. Drägerovy-Schröterovy trubičky na yperit [bis(2-chlorethyl)sulfid] se sorbentem navlhčeným roztokem  $\text{KMnO}_4$ . Speciální chemické jednotky německé armády a civilní obrany měly již před 2. světovou válkou ve výbavě trubičky na fosgen (difosgen), kyanovodík, chlorkyan, yperit a lewisit. Trubičkové detektory na yperit a lewisit, vyvinuté firmou Chema Lutín, zavedla v roce 1938 do výzbroje i československá armáda. Chema Lutín kromě toho vyvinula řadu analytických souprav známých pod označením Chema S-3 nebo Techna. V průběhu 2. světové války se detekční trubičky na BCHL objevily i ve výzbroji americké (M9) a sovětské armády (PCHR-43). V té době se staly detekční trubičky hlavním technickým prostředkem detekce a analýzy BCHL, především v ovzduší.

Poválečná československá armáda věnovala detekčním trubičkám mimořádnou pozornost. Československé modely, koncepčně vycházející převážně ze sovětských předloh, a vyráběné na základě licence, byly součástí prostředku PCHR-54 a později chemického průkazníku CHP-71. Tento chemický průkazník byl jedním z prostředků chemického průzkumu a kontroly, kterým československá protichemická jednotka v Saúdské Arábii v době první války v Perském zálivu počátkem roku 1991 opakovaně prokázala přítomnost bojových nervově paralytických látek (NPL) a yperitu v ovzduší. V současné době je do výzbroje Armády ČR postupně zaváděn nový chemický průkazník CHP-5.

## Základní charakteristika

### Detekční trubičky

Detekční trubičky (nebo také detekční trubice, průkazníkové trubičky, trubičkové detektory apod.) jsou technické prostředky k provádění jednoduchých analytických testů v polních podmínkách. Ačkoli formálně náleží mezi jednoduché prostředky detekce, jejich konstrukce je velice rozmanitá. Řídí se pevně stanovenými pravidly, které vycházejí z požadavků, jako jsou selektivita, rozsah analýzy, způsob použití a vyhodnocení, způsob aplikace činidel, obsah pomocné vrstvy a stav určované látky (plyn, pára, aerosoly). Uvedená kritéria musí být respektována komplexně a jsou vzájemně závislá a úzce propojená.

Detekční trubičky jsou zpravidla skleněné zatavené trubice naplněné sorbentem jako nosičem, na kterém probíhají reakce s chemickými činidly. Jako nosič bývá nejčastěji používán silikagel, ale vhodným materiálem je také drčené sklo, porcelán, pemza nebo křemelina a různé moderní syntetické materiály. Chemická činidla mohou být imobilizována na nosiči nebo mohou být vpravena do trubičky, obvykle ve formě roztoku, v zatavené ampulce. Kontrolovaný vzduch je do trubičky uváděn ruční nebo elektrickou pumpou, ale také vdechovací komorou ochranné masky vojáka. Přítomnost BCHL ve vzduchu je indikována změnou zbarvení nosiče. Koncentrace BCHL se určuje obvykle podle intenzity zbarvení trubičky. Intenzi-

tu zbarvení indikační vrstvy  $I$  lze vyjádřit vztahem  $I = k \cdot c \cdot V$ , kde  $k$  je koeficient úměrnosti,  $c$  koncentrace BCHL a  $V$  objem analyzovaného vzorku vzduchu. V civilní praxi, např. při určování koncentrace těkavých průmyslových škodlivin, se však častěji používají detekční trubičky založené na vyhodnocení délky vzniklé barevné zóny (délkové nebo lineární trubičky).

Detekční trubičky lze používat ke zjišťování známých i neznámých toxických látek např. při screeningu. Jejich použití je rozmanité, mohou sloužit ke kontrole ovzduší, terénu, různých materiálů a jejich povrchů, ale také ke kontrole kontaminace vody a jiných kapalin. Konstrukce trubiček umožňuje okamžité zjištění přítomnosti toxických látek, ale i jejich monitorování po dobu až několika hodin v kontinuálním i diskontinuálním režimu.

### Požadavky na detekční trubičky

Vybraná analytická reakce probíhající v trubičkách musí být doprovázena zřetelnou vizuální změnou, a proto se s výhodou využívají právě barevné reakce. Prostředek založený na barevné reakci je konstrukčně nejjednodušší a ekonomicky nejméně náročný, neboť nepotřebuje speciální vyhodnocovací zařízení. Sama barevná změna by měla být postřehnutelná i za zhoršené viditelnosti, případně v noci při umělém osvětlení. Obecně lze použít neutralizační reakce spojené se změnou zbarvení vhodných acidobazických indikátorů s ostrým přechodem, oxidačně-redukční reakce, srážecí reakce, komplexotvorné reakce a některé další reakce organických činidel a analytů (diazotace a kopulace, kondenzace, adice apod.). V detekčních trubičkách často probíhá celý soubor reakcí, z nichž finální je nositelem barevného efektu. Speciálním případem je využití cholinesterasové enzymové reakce, jejímž produktem jsou kyseliny, thioly nebo jiné látky. Pokud nejsou tyto látky samy zbarveny, jsou detegovány barevnými reakcemi.

Použité reakce musí probíhat rychle a umožnit dosažení detekčního limitu, který by měl být nižší než je prahová toxická koncentrace dané BCHL, za dobu expozice delší než je čas potřebný k vlastní detekci trubičkou.

Reakce používané v detekčních trubičkách musí být velmi spolehlivé, a tedy jejich závislost na vnějších podmínkách, zejména na teplotě a vlhkosti, musí být co nejnižší. S tím úzce souvisí stabilita použitých činidel a jejich odolnost při skladování, a to i v extrémních polních podmínkách.

### Chemické průkazníky

Jak bylo výše uvedeno, detekční trubičky se používají obvykle jako součást chemických průkazníků. Základ těchto technických prostředků tvoří zařízení na odběr vzorku kontaminovaného vzduchu. Zařízení však nelze redukovat na pouhou mechanickou nebo elektrickou pumpu. Chemický průkazník umožňuje celou řadu funkcí, jako je např. současné použití několika trubiček, filtrace vzduchu, regulace průtoku vzduchu, ohřev trubiček při použití za nízkých teplot, použití při pěším průzkumu i po připojení k palubní desce vozidla. Tím se významně zlepšují užité vlastnosti trubiček, které se v podmínkách nejenom vojen-

ského použití jeví jako nepostradatelné. V ČR má vývoj a používání chemických průkazníků již dlouhou tradici.

#### Technické prostředky chemického průzkumu a kontroly

Po německém chlorovém vlnovém útoku 22. dubna 1915 u Ypres se BCHL a chemické zbraně staly natrvalo součástí zbrojních arzenálů a vedení chemické války bylo studováno jako jeden z vrcholných projevů vojenského umění. Konflikt mezi chemickou zbraní a protizbraní byl řešen na nejrůznější taktické a technické úrovni a vedl k vypracování systému protichemické ochrany s dominantním postavením chemického průzkumu a polní analýzy BCHL. Realizace těchto úkolů je determinována obecně celou řadou faktorů, jako jsou vojenská doktrína, průmyslová a technická úroveň hospodářství, kvalita vzdělání vojáků, fakticky je však limitována existencí fungujícího systému technických prostředků.

Je naprosto přirozené, že modernizace systému se výrazně orientuje na technické prostředky založené na fyzikálních nebo fyzikálně-chemických metodách, jako je spektrometrie pohyblivosti iontů (IMS), hmotnostní spektrometrie (MS), infračervená spektrometrie (IR), plynová chromatografie (GC), nebo dokonce vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC), ale i některé další. Tento trend je zákonitý, ale neměl by přerůst v jednostranné a dlouhodobé preferování některé metody, což v praxi musí dříve či později vyústit ve ztrátu efektivnosti celého systému. Příkladem může být účinkování amerických speciálních jednotek v první válce v Perském zálivu, které měly ve výzbroji několik typů sofistikovaných automatických detektorů založených na principu IMS nebo GC/MS, jež však opakovaně selhaly. Výsledkem byla nepřetržitá série falešných chemických poplachů, které otrásly důvěrou vojáků i velitelů nejen v technické prostředky, ale i v sám systém protichemické ochrany.

Již dříve byl pro Armádu ČR navržen systém technických prostředků chemického průzkumu a kontroly, jako je varianta, která využívá rozličných prostředků určených pro jednotlivé stupně velení. Právě tento systémový přístup byl jedním ze zdrojů úspěchu československé protichemické jednotky při nasazení v první válce v Perském zálivu. Varianta zahrnuje individuální detektor nervově paralytických látek, individuální detektor kapalných BCHL, chemický průkazník s detekčními trubičkami, rychlý automatický detektor BCHL v ovzduší, přenosnou polní chemickou laboratoř, mobilní chemickou laboratoř a dálkový detektor BCHL.

### 3. Hlavní směry a výsledky výzkumu a vývoje

#### Etapy výzkumu, vývoje a výroby detekčních trubiček

S rozpadem federálního státu a rozdělením armády vznikla objektivní a naléhavá potřeba zajistit pokračování

výroby zavedených detekčních trubiček pro chemický průkazník CHP-71, biochemické trubičky pro NPL (PT-44), trubičky pro sírný yperit (PT-36) a kombinované trubičky pro fosgen (difosgen), kyanovodík a chlorkyan (PT-145). V praxi to znamenalo provést urychlený výzkum a vývoj ekvivalentních a plnohodnotných prostředků, ale přitom se pokusit o jejich podstatnou modernizaci. Navržené detekční trubičky prošly všemi předepsanými zkouškami a v letech 1994–1995 byly zavedeny Armádou ČR do výzbroje. Jejich výroba probíhala zpočátku v provizorních podmínkách, ale poměrně brzy vznikl výrobní závod s veškerým potřebným zázemím.

Po zvládnutí této základní etapy byla pozornost zaměřena na výzkum, vývoj a posléze i výrobu detekčních trubiček pro další potenciální BCHL, zejména dusíkaté yperity (HN), lewisit (L) a psychoaktivní látku BZ. Ukázalo se, že o detekční trubičky pro tyto látky, v souboru s předešlými, mají poměrně velký zájem zahraniční armády nebo některé významné mezinárodní instituce, jako např. Organizace pro zákaz chemických zbraní v Haagu (OPCW). Náplní třetí etapy bylo prozkoumat principiální, konstrukční a výrobně-technologické možnosti detekčních trubiček prakticky pro všechny v literatuře popsané druhy BCHL i řadu ostatních vojensky významných sloučenin. Úsilí bylo soustředěno zejména na nové trendy ve vojenství, např. na neletální (nevedoucí k smrti) chemické zbraně.

V rámci patnáctiletého výzkumu a vývoje detekčních trubiček bylo zatím přihlášeno k ochraně asi 50 vynálezů, užitných a průmyslových vzorů, z toho nejméně 70 % bylo uplatněno v praxi, to znamená v průmyslové výrobě a marketingu. V současné době společnost Oritest nabízí asi 30 typů detekčních trubiček pro BCHL a dalších 20 typů pro vojensky významné škodliviny.

V následující části budou stručně popsány hlavní směry a výsledky programu detekčních trubiček, přičemž z důvodu omezeného rozsahu nejsou zahrnuty trubičky pro specifické použití, zejména sorpční, simulační (tréninkové), diagnostické, stejně jako trubičky pro analýzu BCHL ve vodě, přestože jejich výzkum a vývoj byl součástí programu. Rovněž tak odkazy na literaturu a původní prameny musí být omezeny na nejnutnější míru. Zájemce o podrobnější studium odkazujeme na některé zahraniční i domácí souborné práce<sup>4–9</sup>.

#### Nervově paralytické látky

Už ve 40. letech se nejvýznamnější skupinou BCHL staly nervově paralytické látky (NPL) a od té doby je jejich polní analýze věnována mimořádná pozornost. Po chemické stránce jde zpravidla o organofosforové sloučeniny, které patří mezi nejsilnější inhibitory enzymu acetylcholinesterasy (ACHE). Zvýšená expozice NPL vyvolává nahromadění neurotransmiteru acetylcholinu v místech jeho fyziologického působení, protože nemůže být hydrolyzován inhibovanou ACHE. Důsledkem toho je paralýza dýchacích svalů v kombinaci s účinky na dýchací centrum v centrálním nervovém systému.

*Biochemická trubička*

Zpočátku se pro detekci látek typu G (tabun, sarin, soman) využívaly některé chemické metody, jako aminoperoxidová reakce, reakce s oximy, reakce na alkoxykupiny apod., ale už po zavedení mnohem toxičtějších látek typu V (VX) se projevila jejich nedostatečná citlivost. Ukázalo se, že úspěšné řešení tohoto problému spočívá ve využití cholinesterasové reakce. Soubor použitelných enzymů hydrolas (cholinesterasy) získávaných z živých organismů je široký, v zásadě však jde o dva základní typy. První typ představuje už zmiňovaná ACHE neboli specifická cholinesterasa, druhý typ butyrylcholinesterasa (BuCHE), tzv. nespecifická cholinesterasa. Podle zvoleného enzymu a substrátu lze potom vybrat i vhodný indikátor hydrolytického produktu.

V průběhu 60. let byla vyvinuta a zavedena biochemická detekční trubička, která obsahovala jako nosič drcené sklo I. hydrolytické třídy, ampulku s roztokem enzymu BuCHE a další ampulku s roztokem substrátu butyrylcholinjodidu a indikátoru pH, fenolové červeně. K zásadním nedostatkům této trubičky patřila nízká stabilita činidel ve vodném roztoku, která, společně s alkalickým výluhem ze skla, způsobovala nedostatečnou životnost trubičky. Nemalou komplikací pak byla i nízká odolnost vůči rušivým vlivům, zejména kyselým plynům a parám. Navíc pro správné vyhodnocení bylo nutné používat dvě trubičky, zkušební a porovnávací. Biochemické trubičky na podobném principu, ale konstrukčně pokročilejší, vyrábí dosud např. německá společnost Dräger a ruská společnost Krismas.

Ačkoli cholinesterasová trubička na uvedeném principu představuje spíše výjimku, ve vojenství je nepostradatelná a zaslouhuje proto zvláštní pozornost. Její nenahraditelnost pro detekci NPL spočívá ve skutečnosti, že jejich inhibiční účinek na cholinesterasy koreluje s jejich toxicitou. Připustíme-li možnost objevu toxičtějších inhibitorů, prostředky využívající cholinesterasové reakce jako biochemická trubička si zachovají, na rozdíl od ostatních, své

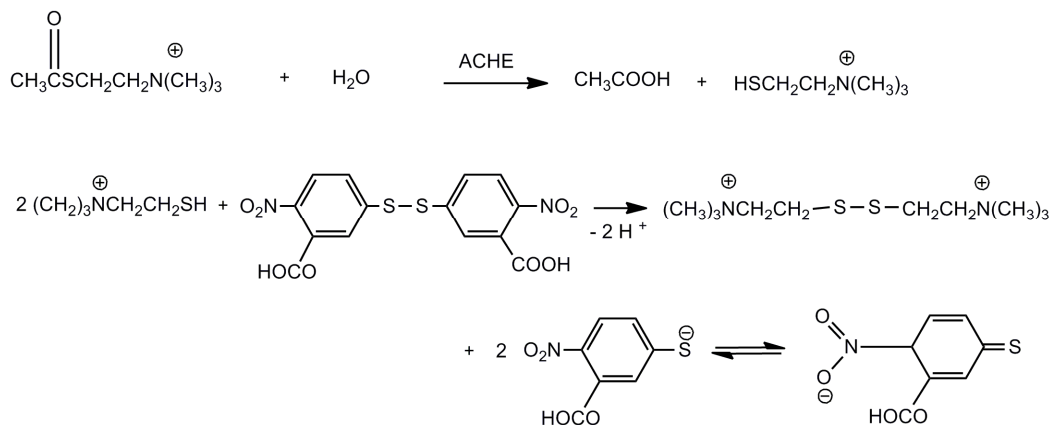
ochranné vlastnosti, protože detekční limit klesne úměrně toxické dávce NPL.

Další výzkum byl zaměřen zejména na zvýšení stability a zjednodušení práce s biochemickou trubičkou při zachování její vysoké citlivosti. Nová trubička vyvinutá a zavedená do výzbroje Armády ČR v polovině 90. let obsahuje dvě vrstvy, indikační a porovnávací, a dvě ampulky naplněné tlumivým roztokem o pH 8 s přídavkem ethanolu. Indikační vrstva obsahuje bílou granulovanou celulosu s imobilizovanou a stabilizovanou ACHE, která je izolována z mozkové tkáně (*Sus scrofa f. domestica*). Jako etalon slouží vrstva žlutého drceného skla, které obsahuje nanosený substrát (acetylthiocholin jodid a chromogenní činidlo, kyselinu 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzovou)<sup>10</sup>). Principem detekce je inhibice ACHE, která urychluje hydrolyzu substrátu. Pokud není ve vzorku přítomná NPL, objevuje se na indikační vrstvě žluté zbarvení jako výsledek reakce mezi hydrolyticky uvolněným thiocholinem a Ellmanovým činidlem. V opačném případě se toto zbarvení neobjeví, nebo se objeví výrazně později (kinetická metoda). Reakční schéma je uvedeno v obr. 1.

Nová biochemická trubička PT-44/2 (tabulka I uvádí její porovnání s některými jinými typy) se vyznačuje víceletou životností, podstatně lépe odolává rušivým vlivům a nevyžaduje provedení slepého testu. Navíc díky enzymu imobilizovanému na nosiči dovoluje i detekci NPL ve vodě. Pro tento účel byl rovněž vyvinut i způsob stanovení koncentrace inhibitorů ACHE metodou ředění jejich vzorků.

*Trubička využívající aminoperoxidovou reakci*

Ačkoli požadavky na citlivost detekce NPL jsou náročné, ukázalo se, že v některých případech (např. při rozlišení látek G a V) mohou být užitečné i klasické chemické metody. V tomto ohledu nejlepší výsledky poskytuje tradiční aminoperoxidová metoda pro detekci látek typu G. Objevil ji Schönemann už za 2. světové války při výzkumu novodobých chemických zbraní<sup>11</sup>. Principem je reakce



Obr. 1. Hydrolyza substrátu a reakce thiocholinu s Ellmanovým činidlem

Tabulka I

Srovnání domácích a zahraničních biochemických detekčních trubiček pro nervově paralytické látky

Typ	Původ	Složení	Limit detekce [ $\text{mg m}^{-3}$ ]
PT-44	ČSSR	BuCHE, butyrylcholin jodid, fenolová červeň	0,005
PT-44/2	ČR, nová	ACHE, (acetylthio)cholin jodid, Ellmanovo činidlo	0,005
IT-51	Krismas, Rusko	enzym, substrát, fenolová červeň	0,001
Estery kyseliny fosforečné	Dräger, Německo	enzym, butyrylcholin jodid, fenolová červeň	0,05 ppm (dichlorvos)

látek typu G s peroxidem vodíku za vzniku peroxykyselin, jež oxidují redoxní indikátory na odpovídající barevné produkty. Na výrobu nové detekční trubičky bylo navrženo používat místo obvyklých toxických a kancerogenních činidel na bázi benzidinu, jako je *o*-tolidin a *o*-dianisidin, relativně neškodný a z hlediska detekce stejně vhodný *N,N,N',N'*-tetramethylbenzidin.

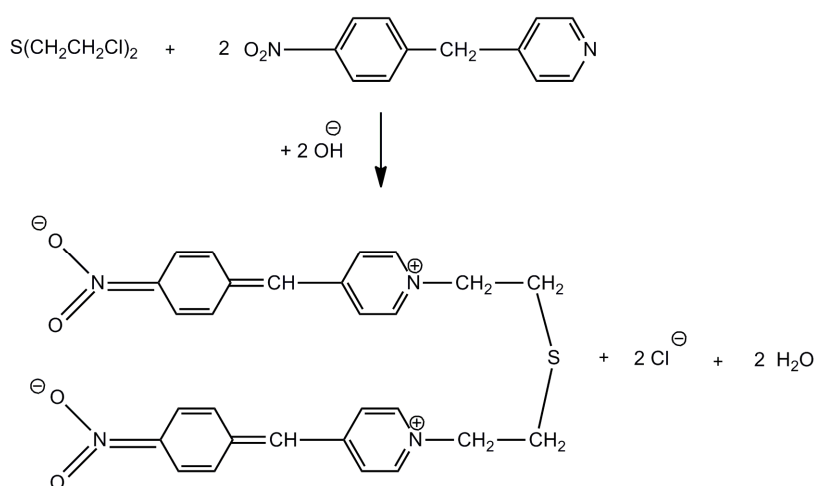
#### Zpuchýřující látky

Zpuchýřující látky, které vyvolávají lokální zánětlivé procesy, ale také celkovou otravu organismu, jsou přes své stáří dosud významnou skupinou BCHL. Z chemického hlediska jde o poměrně rozmanitou skupinu sloučenin s výraznou tendencí k alkylačním reakcím (alkylancia, radiomimetika).

#### Trubička na sírný yperit

Ze všech zpuchýřujících BCHL největší pozornost je věnována sírnému yperitu, bis(2-chlorethyl)sulfidu. Ačkoli byla u nás i ve světě objevena celá řada analytických metod, jednoduchá a spolehlivá detekce sírného yperitu v ovzduší není samozřejmostí. Například německá firma Dräger stále vyrábí trubičku na bázi letité a tradiční metody Obermillerové-Schrötera s  $\text{AuCl}_3$  na nosiči a s roztokem chloraminu v ampulce<sup>12,13</sup>.

Pro citlivý a selektivní důkaz i kontinuální monitorování přítomnosti par yperitu byla již v minulosti vyvinuta detekční trubička, která obsahovala silikagel impregnovaný  $\text{HgCl}_2$  nebo  $\text{HgBr}_2$  a 4,4'-bis(diethylamino)benzofenonem, ethylanalogem Michlerova ketonu. Mechanismus reakce není dodnes dostatečně prostudován. Starší vojenská odborná literatura uvádí vznik červenohnědého ternárního komplexu, v němž je atom síry yperitu vázán na rtuťnatou sůl a skupina CO má pouze prohlubovat barevný odstín. Z hlediska hygieny a ekologie výroby, používání a likvidace trubiček je v indikační náplni problematická přítomnost silně zapáchajícího a obtěžujícího rozpouštědla 2-methylbutan-2-olu, stabilizačních přísad hexamethylfosfortriamidu a fenolu, ale zejména vysoký obsah rtuti. Proto byl výzkum zaměřen na jejich náhradu netoxickými nebo méně toxickými komponentami. V průběhu prací se ukázalo, že podstatou reakce zřejmě není tvorba komplexu s těžkým kovem, protože po nahrazení chloridu nebo bromidu rtuťnatého v receptuře chloristanem hořčnatým je indikační efekt zachován. Reakce sírného yperitu s  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$  a 4,4'-bis(diethylamino)benzofenonem, navíc v prostředí ethanolu, je přibližně stejně citlivá, poskytuje brilantní jasně červené zabarvení a proti původní variantě s rtuťnatou solí je odolná i vůči působení  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , dýmů chloridů kovů a slunečního světla. Zkrátit poněkud delší reakční dobu a zároveň až o řád snížit detekční



Obr. 2. Reakce yperitu s 4(4'-nitrobenzyl)pyridinem

limit lze prostým ohřevem trubičky<sup>14</sup>.

#### Trubičky na dusíkatý yperit a skupinová trubička

Problém detekce dusíkatého yperitu byl řešen s použitím dvou základních metod. První metoda využívá reakce se skupinovým činidlem na alkylační látky 4-(4'-nitrobenzyl)pyridinem v přítomnosti silných alkálií (obr. 2). Navržená detekční trubička obsahuje silikagel nasycený chromogenním činidlem o vysoké koncentraci a ampulku s nasyceným roztokem chloristanu sodného v 10% hydroxidu sodném. Je určena pro jednorázové použití, v přítomnosti dusíkatého i sírového yperitu poskytuje modro-fialové zbarvení.

Druhá metoda využívá dobře známou schopnost dusíkatého yperitu tvořit s kyselinou tetrajodidobismutitou oranžově až červeně zbarvený komplex, např.  $\text{HN}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_3[\text{BiI}_4]$ . Uvedené Dragendorffovo činidlo se obvykle používá ve formě roztoku v ampulce, který se aplikuje po zachycení škodliviny na nosiči. Jedna z navržených variant obsahuje činidlo, stabilizátory a další potřebné komponenty imobilizované na nosiči a poskytují tak uživateli vyšší komfort.

#### Trubička na lewisitu a arsenové sloučeniny

V souvislosti zejména s likvidací starých zásob BCHL ve světě byla pozornost soustředěna také na problematiku detekce lewisitu. Úsilí vynaložené na studium detekčních reakcí lewisitu vedlo k vývoji hned několika modelů detekčních trubiček. První model pro specifickou detekci lewisitu využívá jeho rozkladu roztokem alkalického hydroxidu za vzniku acetylenu, který s Ilosvayovým činidlem<sup>15</sup> tvoří červeně zbarvený acetylid mědi (obr. 3). Indikační náplň obsahuje vedle měďné soli jako stabilizační přísady hydroxylamin a chlorid amonný. Druhý model je založen na přeměně lewisitu na arsan, který

reaguje s diethyldithiokarbamátem stříbrným za vzniku charakteristického zbarvení<sup>16</sup>. Tato trubička navíc umožňuje prokázat vedle lewisitu i některé další zpuchýřující (ED,MD) nebo dráždivé látky (DA,DC) na bázi arsenu. Detekční trubičku na podobném principu, se solemi zlata a rtuť, nabízí německá firma Dräger. V poslední době jsme studovali možnost detekce lewisitu některými organickými nitrosloučeninami a navrhli přípravu detekční trubičky např. na bázi 5-chlor-4-nitro-2,1,3-benzoxadiazolu. Problémem je zatím nižší selektivita a neobjasněný mechanismus reakce. Přehled vybraných detekčních trubiček pro zpuchýřující látky je uveden v tabulce II.

#### Dusivé a všeobecně jedovaté látky

Nejvýznamnější dusivé (fosgen, difosgen, chlorpikrin) a všeobecně jedovaté (kyanovodík, chlorkyan, arsan) BCHL jsou v podstatě průmyslové toxické látky vyráběné obvykle jako meziprodukty ve velkém množství. Vzhledem k dostupnosti a toxicitě nelze jejich potenciální vojenský význam přehlédnout.

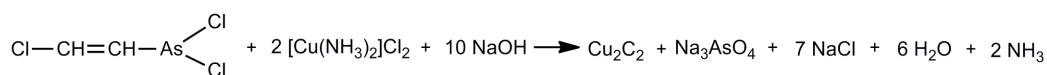
Výsledkem výzkumu a vývoje detekčních trubiček pro tyto skupiny látek je větší počet vyráběných vzorů. Základem detekce obou skupin BCHL je kombinovaná trubička (PT-145/2) zavedená do výzbroje Armády ČR. Obsahuje vrstvu nasycenou 4-(4'-nitrobenzyl)pyridinem a *N*-benzylanilinem, vrstvu nasycenou dimedonem v 4-benzylpyridinu a vrstvu nasycenou pikrátem sodným v dimethylsulfoxidu, jenž významně zvyšuje rychlost a citlivost analytické reakce (obr. 4). Na rozdíl od původního československého vzoru tato trubička neobsahuje ampulku a navíc umožňuje rozlišit kyanovodík a chlorkyan. Trubičku lze použít jednorázově i ke kontinuálnímu monitorování škodlivin v ovzduší. Na speciální požada-

Tabulka II

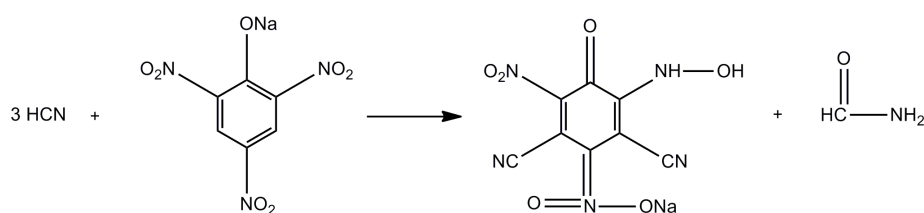
Detekční trubičky na zpuchýřující látky<sup>a</sup>

Typ	Látka	Složení	Limit detekce [ $\text{mg m}^{-3}$ ]
PT-31/1	HD, HN	4-(4'-nitrobenzyl)pyridin, NaOH	1
PT-36/4	HD	$\text{Mg}^{2+}$ ; 4,4'-bis(diethylamino)benzofenon	3
PT-37	HN	Dragendorffovo činidlo	1
PT-38/2	L	Ilosvayovo činidlo	1
PT-38/3	L, ED, MD	zinek, HCl, Ag sůl	1

<sup>a</sup> Výrobce Oritest, pro chemický průkazník



Obr. 3. Rozklad lewisitu



Obr. 4. Reakce kyanovodíku s pikrátem sodným

Tabulka III

Přehled vybraných detekčních trubiček na dusivé a všeobecně jedovaté látky<sup>a</sup>

Typ	Látka	Složení	Limit detekce [mg m <sup>-3</sup> ]
PT-38/4	SA	Ag sůl	0,5
PT-145/2	CG, DP	4-(4'-Nitrobenzyl)pyridin	5
	CK	4-Benzylpyridin, dimedon	
	AC	Pikrát sodný	
PT-145/3	CG, DP	4-(4'-Nitrobenzyl)pyridin	5
	AC, CK	Chloramin 4-Benzylpyridin, dimedon	
PT-146	CK	Dimedon, 4-benzylpyridin	0,5
PT-147/1	AC	4-Nitrobenzaldehyd	0,5
PT-147/3	AC	Pikrát sodný, dimethylsulfoxid	10
PT-148	CG,DP	4-(4'-Nitrobenzyl)pyridin	0,5
PT-149	PS	<i>N,N</i> -dimethylanilin, peroxid vodíku	10

<sup>a</sup> Výrobce Oritest, pro chemický průkazník; detekční trubičky PT-145 jsou kombinované

vek byla také vyvinuta a vyrobena i replika původní čs. kombinované trubičky, ale s podstatnou obměnou chromogenních činidel (PT-145/3). Výzkumu různých možností konstrukce kombinovaných trubiček pro BCHL obou skupin je nadále věnována značná pozornost<sup>17</sup>. Přehled některých dosavadních typů obsahuje tabulka III.

#### Zneschopňující látky

Zneschopňující látky jsou BCHL primárně určené k dočasnému vyřazení živé síly. Patří sem psychoaktivní i dráždivé látky, používané jako prostředky k potlačování nepokojů, nepřesně nazývané policejní plyny. Zneschopňující látky byly v minulosti považovány za velmi perspektivní skupiny BCHL, dnes vyvolávají pozornost zejména jako možný chemický princip vyvíjených neletálních zbraní.

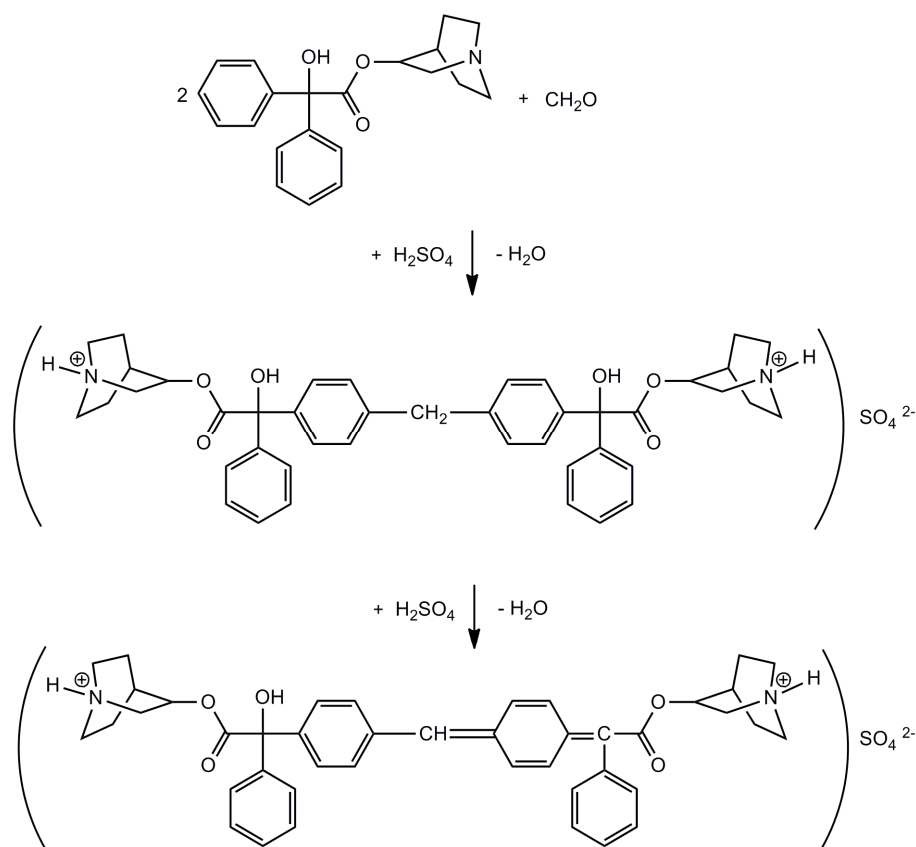
#### Trubička na psychoaktivní látku BZ

Hlavním představitelem psychoaktivních BCHL je látka BZ. Pro její detekci byla vyvinuta trubička používající Marquisovo činidlo<sup>18</sup>, které obsahuje paraformaldehyd rozpuštěný v koncentrované kyselině sirové (obr. 5). Jako základní problém se ukázal záchyt aerosolu látky BZ na

nosiči a eliminace případných rušivých vlivů. Trubička obsahuje vrstvu drceného skla, filtrační vrstvu z tkaniny ze skleněných vláken a ampulku s detekčním roztokem. Žádoucí selektivita detekce je zajištěna tím, že Marquisovo činidlo poskytuje s látkou BZ charakteristické syté modrozelené zbarvení, a tím, že filtrační vrstva ani skleněná drť nezachycuje plyny a páry, které by mohly průběh reakce ovlivnit (benzín, nafta, těkavá rozpouštědla na bázi toluenu apod.). Jako alternativa bylo navrženo zjišťovat přítomnost látky BZ v ovzduší i ve vodě detekční trubičkou s Dragendorffovým činidlem (navrženou pro dusíkatý yperit). Tato skupinová reakce umožňuje důkaz všech psychoaktivních látek, které obsahují amino skupinu.

#### Trubičky na dráždivé látky

Podobně jako u látky BZ, vzniká i při detekci dráždivých látek problém analýzy aerosolů. Soubor vyvinutých a standardně vyráběných trubiček zahrnuje vzory pro detekci látek CN, CS, CR a DM. Trubička na látku CN obsahuje klasické činidlo 1,3-dinitrobenzen podle Janovského<sup>19</sup>, které v alkalickém prostředí poskytuje charakteristické malinově červené zbarvení. Pro detekci látky CS byla navržena celá typová řada trubiček, které jako chromogenní činidla obsahují chloranil<sup>20</sup>, organický disulfid<sup>21</sup> nebo



Obr. 5. Reakce látky BZ s Marquisovým činidlem

směsné činidlo podle Königa pro detekci uvolněného kyanovodíku oxidovanou látkou CS. Nejnověji bylo studováno několik verzí detekční trubičky na bázi 2,1,3-benzoxadiazol-1-oxidu a jeho analogů, které umožňují prokázat přítomnost látek CS i CN a rozlišit je<sup>22</sup>. Trubička pro nejučinnější dráždivou látku CR je založena na diazotačním štěpení azomethinové vazby kyselinou dusitou. Vznikající

diazoniová sůl kopuluje s pasivní komponentou za vzniku příslušného azobarviva<sup>23</sup> nebo isomerního hydrazonu (obr. 6). Pro potřeby inspekčních týmů, kontrolujících ve světě dodržování *Úmluvy o zákazu chemických zbraní*, bylo rovněž vyvinuto několik typů detekčních trubiček na adamsit. Jedna z nich je založena na jeho nukleofilní substituční reakci s thiokyanáty za vzniku žlutého produktu,

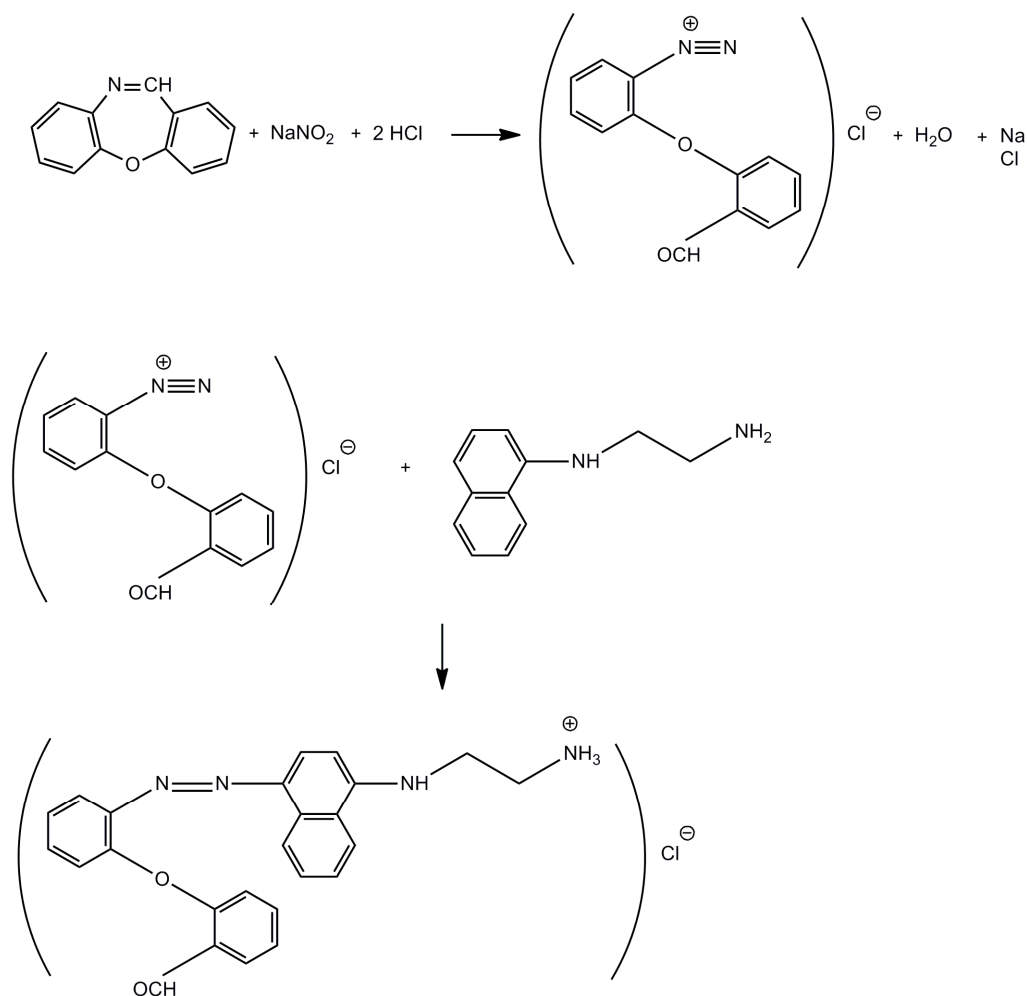
Tabulka IV

Přehled vybraných detekčních trubiček na zneschopňující látky<sup>a</sup>

Typ	Látka	Složení	Limit detekce [ $\text{mg m}^{-3}$ ]
PT-51	BZ	Marquisovo činidlo	1
PT-25	CN	1,3-dinitrobenzen	0,5
PT-26	CS	chloranil	1
PT-26/S	CS	2,2'-dithiobis(5-nitropyridin)	1
PT-26/X	CS	2,1,3-benzoxadiazol-1-oxid, NaOH	1
PT-381/1	DM	$\text{NaNO}_2$ , HCl	3
PT-27	CR	$\text{NaNO}_2$ , <i>N</i> -(1-naftyl)ethan-1,2-diamin . 2 HCl	0,1

<sup>a</sup> Výrobce Oritest, pro chemický průkazník





Obr. 6. Reakce látky CR vedoucí k azobarvivu

další na reakci s dusitanem sodným za vzniku barevné nitrososloučeniny<sup>24</sup>. Přehled vybraných detekčních trubiček na zneschopňující látky obsahuje tabulka IV.

#### Další vojensky významné škodliviny

Kromě BCHL byla sledována oblast průmyslových škodlivin, které mají, vzhledem ke svým toxickým vlastnostem, častému výskytu a velkému objemu skladování nezanedbatelný vojenský a bezpečnostní význam. Detekční trubičky pro tyto škodliviny zpravidla neobsahují ampulku a využívají reakce, které umožňují vyloučit nebo alespoň omezit toxická činidla a chemikálie v indikačních náplních<sup>25</sup>. V souladu se světovým trendem (viz japonský výrobce Gastec) byly práce zaměřené i na vývoj multifunkčních detekčních trubiček v dosud nepoužívaných kombinacích. Příkladem je vývoj trubičky pro sírné sloučeniny ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ , thioly)<sup>26</sup> nebo trubičky pro chlor a chlorkyan, která je založená na principu Königovy reak-

ce. Detekce chloru využívá reakce s thiokyanáty na reaktivní chlorkyan. Ke kontrole kvality pracovního prostředí byla navržena trubička na bázi 4-(4'-nitrobenzyl)pyridinu a vhodných stabilizátorů nanesených na křemenném skle. Trubičku lze použít pro stanovení extrémně nízkých koncentrací fosgenu v ovzduší ( $0,08 \text{ mg m}^{-3}$ ) s možností odečtu na stupnici<sup>27</sup>. Přehled vybraných detekčních trubiček obsahuje tabulka V.

#### 4. Vývoj chemického průkazníku

Chemický průkazník na bázi detekčních trubiček se dlouhodobě osvědčil a koncepce dalšího rozvoje technických prostředků chemického průzkumu a kontroly (polní analýzy) jej proto nadále považuje za perspektivní. Nicméně dosavadní CHP-71 morálně i technicky zastaral, a proto si Armáda ČR objednala a financovala vývoj modernizovaného chemického průkazníku. V relativně krátkém čase

Tabulka V

Přehled vybraných detekčních trubiček pro vojensky významné průmyslové škodliviny<sup>a</sup>

Typ	Látka	Složení	Limit detekce [mg m <sup>-3</sup> ]
PT-001X	COCl <sub>2</sub>	4-(4 <sup>7</sup> -nitrobenzyl)pyridin, N-benzylanilin	0,008
PT-002	HCN/ ClCN	4-nitrobenzaldehyd Dimedon, 4-benzylpyridin	3
PT-003	Cl <sub>2</sub>	KBr, fluorescein	3
PT-004	NO <sub>x</sub>	KI	10
PT-005	SO <sub>2</sub>	Ellmanovo činidlo	5
PT-005X	Siřné látky	Cu <sup>2+</sup> , Ellmanovo činidlo	5-10
PT-006	H <sub>2</sub> S	Cu <sup>2+</sup>	10
PT-007	CS <sub>2</sub>	Cu <sup>2+</sup> , piperazin	10
PT-008	NH <sub>3</sub>	Bromkresolová zeleň, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	20
PT-009	HCl	Methylová oranž	5
PT-010	CH <sub>2</sub> O	4-Amino-3-hydrazino-5-sulfanyl-1,2,4-triazol	0,5

<sup>a</sup> Výrobce Oritest, pro chemický průkazník

byl v letech 2003–2005 firmou Oritest ve spolupráci s firmou AŽD Praha s.r.o. vyvinut chemický průkazník, který byl zaveden do výzbroje pod označením CHP-5 (obr. 7).

Při konstrukci chemického průkazníku byla vstupní část redukována na nejnižší možnou míru, takže kontrolovaný vzduch fakticky vstupuje bezprostředně do komory s detekčními trubičkami. Chemický průkazník umožňuje současné použití pěti detekčních trubiček několika standardních rozměrů. Přednostně je určen pro tuzemské detekční trubičky (Oritest, délka 100 mm, průměr 6 mm), ale je kompatibilní i s detekčními trubičkami předních světových výrobců (Dräger, MSA-Auer, Kitagawa, Gastec, délka 120 až 150 mm, průměr 4 až 7 mm). Umožňuje rovněž použití sorpčních trubiček a vzorkovačů aerosolů (např. firmy SKC). Provoz chemického průkazníku je do značné míry automatizován. Umožňuje např. nastavení funkce a činnosti libovolné detekční trubičky regulací průtoku vzduchu elektromagnetickými ventily a nastavení pracovních parametrů (čas a rychlost prosávání nebo objem čerpaného vzduchu, automatické zapínání ohřivacího bloku trubiček při poklesu teploty vzduchu atp.). Pro práci ve vozidle nebo v uzavřené místnosti je přístroj vybaven robustním výstupním filtrem OF-90 k armádní ochranné masce OM-90 nebo jeho ekvivalentem. Napájení přístroje je zajištěno připojením k palubní síti vozidla nebo při pěším průzkumu oddělitelnou zdrojovou skříň 12 V/8000 mA. Zdrojová skříň (akumulátory typu Li-Ion) je i kompatibilní se zdrojovou skříňí radiostanice RF-13 (akumulátory Ni-Cd) běžně používané jednotkami Armády ČR. Zdrojová skříň Li-Ion zajistí provoz přístroje i při velmi nízkých teplotách



Obr. 7. Chemický průkazník CHP-5

vnějšího prostředí, při teplotě –20 °C až po dobu 6 h, včetně ohřevu komory a trubiček.

## 5. Perspektivy výzkumu a vývoje detekčních trubiček

Základní princip detekčních trubiček je znám 90 let. Přední světoví výrobci dnes nabízejí detekční trubičky pro stovky nejrůznějších průmyslových škodlivin i řadu BCHL, použili přitom desítky až stovky chemických reak-

cí a uplatnili nepřeborné množství konstrukčních a technických řešení a prvků. Lze vůbec ještě v oboru přinést něco nového? Má výzkum nových barevných reakcí a nových technik smysl? Má další vývoj a výroba detekčních trubiček opodstatnění? Jsme přesvědčeni, že na všechny takto položené otázky lze dnes tak jako před patnácti lety odpovědět kladně.

Budoucí vývoj detekčních trubiček ke zjišťování BCHL a vojensky významných škodlivin bude určován vývojem v oblasti chemických zbraní, vedení chemické války, rizik spojených s chemickým (toxickým) terorismem, stejně jako technologií a bezpečností zejména chemického a energetického průmyslu. Je pravděpodobné, že důležitost polní analýzy v systému protichemické ochrany poroste a na své přitažlivosti neztratí ani technické prostředky založené na použití detekčních trubiček.

Těžko předpovědět, jaká bude kvalita a dynamika rozvoje detekčních trubiček v období příštích patnácti let. Pokud se však týká vojenství a detekce BCHL, některé vývojové trendy jsou celkem předvídatelné. Domníváme se, že celá oblast detekce, detekční trubičky nevyjímaje, bude zaměřena na dosud neznámé, ale potenciálně zneužitelné chemické sloučeniny, takže řadu vhodných barevných reakcí bude nutné teprve nalézt. Při konstrukci detekčních trubiček bude využito nových materiálů (plasty, různé nosiče fyzikálně i chemicky modifikované) a nových technik aplikace chromogenních činidel a pomocných komponent. Snahou výzkumných a vývojových pracovníků bude vyloučit používání toxických materiálů (zejména toxických a nebezpečných látek), podobně jako hygienicky a ergonomicky nevhodných konstrukčních prvků. Při nabídce detekčních trubiček bude patrná snaha o vyvážený sortiment prostředků vysoce selektivních a prostředků skupinových, jež mohou být řešeny jako kombinované detektory. Detekční trubičky budou zaváděny do praxe v kombinaci s ostatními jednoduchými prostředky (papírky, proužky, prášky), nejčastěji v malých mobilních analytických soupravách a chemických průkaznicích. Jejich vývoj bude orientován na chemické dozimetrie pro osobní kontrolu jednotlivce nebo malých operativně působících skupin. Ukazuje se také, že detekčních trubičky, pravděpodobně v podobě kompaktních a vysoce mobilních souprav, naleznou ještě širší uplatnění při expertize a kontrole kontaminované vody, potravin a terénu.

Seznam použitých kódů BCHL a zkratk

AC	kyanovodík
BCHL	bojové chemické látky
BZ	chinuklidin-3-yl-benzilát
CG	fosgen, karbonyldichlorid
CK	chlorkyan
CN	chloracetofenon
CR	dibenzo[ <i>b,f</i> ]-1,4-oxazepin
CS	(2-chlorbenzyliden)malononitril
DA	chlor(difeny)arsan
DC	difenylyanarsan
DM	adamsit; 10-chlor-9,10-dihydrofenarsazin

DP	difosgen; trichlormethyl chlorformiát
ED	dichlor(ethyl)arsan
G	nervově paralytická látka typu G
HD	yperit; bis(2-chlorethyl)sulfid
HN	dusíkatý yperit
HN-3	dusíkatý yperit; tris(2-chlorethyl)amin
L	lewisit; dichlor(2-chlorvinyl)arsan
MD	dichlor(methyl)arsan
NPL	nervově paralytická látka
PS	chlorpikrin; trichlornitromethan
SA	arsan, arsenovodík
V	nervově paralytická látka typu V

## LITERATURA

1. Tucker J. B. (ed.): *Toxic Terror. Assessing Terrorist Use of Chemical and Biological Weapons*. MIT Press, Cambridge 2000.
2. Lavoy P. R., Sagan S. D., Wirtz J. J. (ed.): *Planning the Unthinkable: How New Powers Will Use Nuclear, Biological, and Chemical Weapons*. Cornell University Press, New York 2000.
3. Somani S. M. (ed.): *Chemical Warfare Agents*. Academic Press, San Diego 1992.
4. Tomeček I., Matoušek J.: *Analýza bojových otravných látek*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1961.
5. Franz P., v knize: *Lehrbuch der Militärchemie* (Franke S., ed.), sv. 2, kap. 28, 29, 32. Militärverlag der DDR, Berlin 1977.
6. Zolotov Yu. A., Ivanov V. M., Amelin V. G.: *Chemical Test Methods of Analysis*. Elsevier Science, Amsterdam 2000.
7. Yin Sun, Kwok Y. Ong: *Detection Technologies for Chemical Warfare Agents and Toxic Vapors*. CRC, Boca Raton 2004.
8. Pitschmann V.: *Analýza toxických látek detekčními trubičkami*. Econt Consulting, Drahelčice 2005.
9. Haláček E., Koblíha Z., Pitschmann V.: *Analýza bojových chemických látek*. Univerzita obrany, Brno 2007.
10. Ellman G. L.: Arch. Biochem. Biophys. 82, 70 (1959).
11. Schoenemann R. B. R.: New Reaction for Detection of Metalloid-Non Metal Halogen Linkage. P.B. 119877. Office of Publication Board, U.S. Dept. of Commerce, Washington DC 1974.
12. Obermiller M.: Angew. Chem. 49, 162 (1936).
13. Schröter G.A.: Angew. Chem. 49, 164 (1936).
14. Pitschmann V., Haláček E., Koblíha Z., Veverka V.: Sborník VVŠ PV Vyškov 2001, 23.
15. Ilosvay L.: Ber. Dtsch. Chem. Ges. 32, 2697 (1899).
16. Pitschmann V., Haláček E., Koblíha Z.: Sborník VVŠ PV Vyškov 2003, 27.
17. Pitschmann V., Koblíha Z., Haláček E., Tušarová I.: Chem. Anal. (Warsaw) 53, 47 (2008).
18. Marquis E., Antheaume A., Mouneyrat A.: Z. Anal. Chem 38, 466 (1899).
19. Janovsky J.V.: Ber. Dtsch. Chem. Ges. 24, 971

- (1891).
20. Stachlewska-Wroblowa A.: Biul. WAT J. Dobrowskiego 22, 105 (1973).
  21. Pitschmann V.: Chem. Listy 92, 125 (1997).
  22. Pitschmann V., Haláček E., Koblíha Z.: Sborník Univerzity obrany B, 2005, 179.
  23. Haláček E., Koblíha Z., Földeši V.: Talanta 40, 1189 (1993).
  24. Pitschmann V., Haláček E., Koblíha Z.: Sci. Military 1, 63 (2007).
  25. Pitschmann V., Koblíha Z., Haláček E., Tušarová I.: Chem. Anal. (Warsaw) 50, 729 (2005).
  26. Pitschmann V., Koblíha Z.: Sborník VVŠ PV Vyškov 2002, 157.
  27. Pitschmann V., Haláček E., Koblíha Z.: Sborník VVŠ PV Vyškov 2003, 19.

**V. Pitschmann<sup>a</sup>, E. Haláček<sup>b</sup>, Z. Koblíha<sup>b</sup>, and I. Tušarová<sup>a</sup>** (<sup>a</sup>*Oritest Ltd, Praha*, <sup>b</sup>*NBC Defence Institute, University of Defence, Brno*): **Development of Detection Tubes for Chemical Warfare Agents in the Czech Republic**

The article describes the history and current importance of detection tubes for detection of chemical warfare agents, with stress put on their integration in the system of modern field analysis. The central part of the article is acquaintance with the results obtained in research, development and production of detection tubes in the period 1993–2008. Selected detection tubes for nerve, blister and choking agents as well as generally toxic and incapacitating (irritating and psychoactive) agents are described. A new chemical detector (CH-5) introduced to armament of the Czech Army is also mentioned. Further development in this field is discussed.



## Summer School Spectroelectrochemistry

From **August 26th to September 2nd 2011** a Summer School Spectroelectrochemistry will be organised at the Center of Spectroelectrochemistry, Leibniz-Institute for Solid State and Materials Research (IFW), in Dresden, Germany.

The summer school will focus on the theoretical background and practical training in spectroelectrochemistry and gives an overview on the development of spectroelectrochemical techniques.

For further information see our website at:

<http://www.ifw-dresden.de/institutes/iff/events/events/summer-school/summer-school-inspectroelectrochemistry/>

### Fee:

Fee covering accommodation, daily breakfast, lunch, dinner, all theoretical and practical courses and the cultural program is:

840 € for senior scientists (single room accommodation)

680 € for students (double room accommodation).

### Registration:

Please send your registration form by email:

**summerschool@ifw-dresden.de**

or fax:

**+49-351-4659-811**

to the organisers.