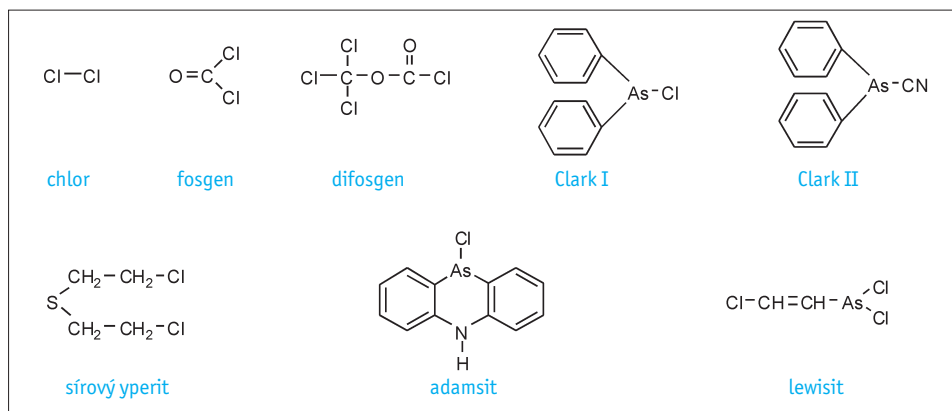


Práce stručně shrnuje rozvoj chemických zbraní (CHZ) od svého vzniku do současného období. Pozornost je soustředěna zejména na období posledních tří dekád, kdy byly vyvinuty CHZ poslední, třetí generace, charakterizované přechodem k binárním recepturám nových supertoxických bojových chemických látek (BCHL) se zvýšenými bojovými vlastnostmi, zejména pak optimální těkavostí a perzistencí, ztížením detekce a snížením ochranných vlastností individuálních protichemických prostředků, absencí antidot a specifických léčiv. Podrobněji jsou popsány výsledky sovětského projektu Foliant, který vedl k vývoji a testování nových BCHL v rámci programu Novičok (Newcomer).

Úvod

Novodobá historie je determinována vznikem a postupnou proliferací zbraní hromadného ničení (ZHN). Vznik chemických zbraní (CHZ), jako samostatné kategorie ZHN, se formálně spojuje s použitím jedovatého chlóru na západní frontě Němci 22. dubna 1915. V průběhu celé první světové války použití CHZ postupně eskalovalo až do stadia rozvinuté chemické války, ukončené v listopadu 1918. Používaný sortiment bojových chemických látek (BCHL) jako toxické náplně chemické munice, byl poměrně široký, charakterizovaný překotným hledáním účinných chemikálií. Převážná část BCHL byly látky s dusivými a dráždivými účinky.

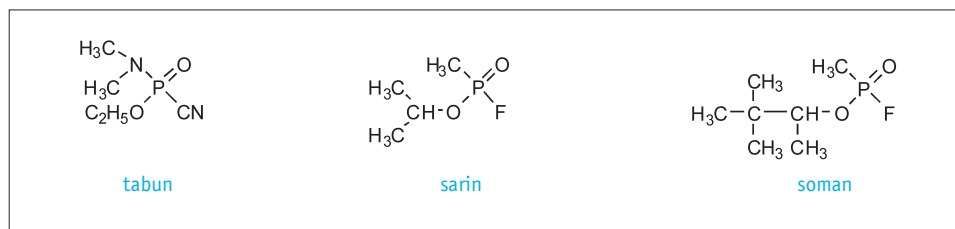
Stav v oboru bojového použití CHZ lze ilustrovat paradoxně na bojovém nasazení kyano-odíku (Vincennite, Francie), které nepřineslo žádný efekt z důvodu nedostatku potřebných teoretických znalostí o chování přízemní vrstvy atmosféry a jejího vlivu na převod BCHL do bojového stavu. [1]



Obr. 1: Nejvýznamnější BCHL použité na frontách první světové války (první generace CHZ)

Situace mezi světovými válkami je charakteristická všeobecným chemickým vyzbrojováním států a hledáním nových účinnějších představitelů první generace CHZ. Mezi významnější objevy patří další organoarsenové sloučeniny s dráždivými a zpuchýřujícími účinky jako methyl-, ethyl- a fenyl-dichlorarsan, dusíková analoga sírových yperitů jako ethyl-, methyl- a 2-chlorethyl-bis(2-chlorethyl)amin, kyslíkový yperit, halogenované oximy a další. [2]

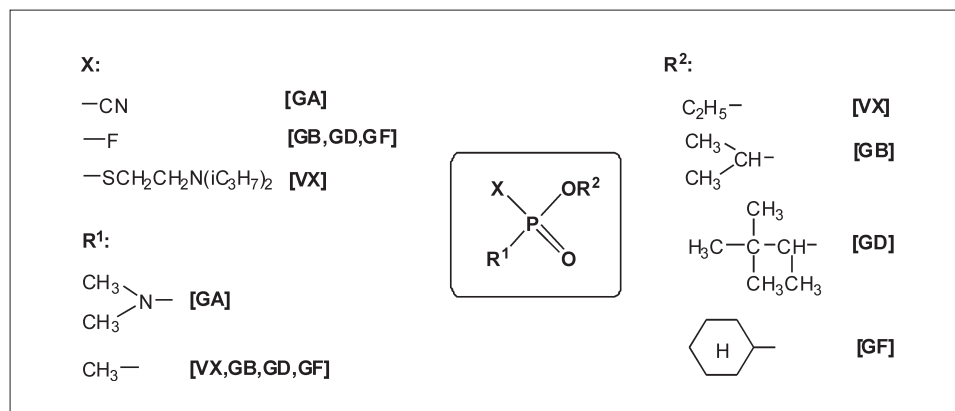
Na objev tabunu německými chemiky v čele s G. Schraderem [3] v období před rozpoutáním druhé světové války navázala rychle syntéza sarinu a později i somanu, čímž fakticky vznikla druhá generace CHZ, založených na využití extrémní toxicity nervově paralytických látek (NPL), jako ireverzibilních inhibitorů neuronální acetylcholinesterasy (ACHE).



Obř. 2: Nervově paralytické látky fašistického Německa (druhá generace CHZ)

Západní spojenci nedocenili snahu skupiny anglických chemiků vedených B. C. Sautersem, který demonstroval jejich vojenským představitelům využití diisopropylfosforofluoridátu, jako potenciální BChL. [4] Němci v průběhu války vybudovali výrobní zařízení, která vyprodukovala tisíce tun tabunu a sarinu, kterými byly převážně laborovány letecké pumy, dělostřelecké granáty a munice pro raketomety.

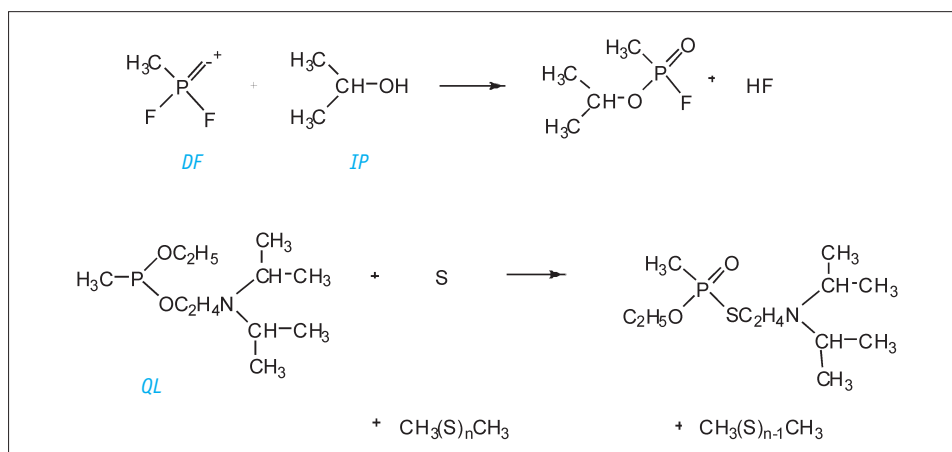
Poválečné období bylo poznamenáno hektickým vyhodnocováním ukořistěných výsledků v oblasti CHZ, přirozeně s důrazem na novou generaci NPL. Vcelku tedy nikterak nepřekvapí, že již v 50. letech dochází k rozšíření DRUHÉ generace CHZ o novou skupinu NPL se zvýšenou toxicitou (cca 10×), zvláště pak vysokou percutánní toxicitou (cca 100×). Tato skupina thio-, resp. thioloisosterů organofosforových sloučenin byla označena jako série V (typ VX), pro odlišení od NPL odvozených od tabunu a sarinu označovaných jako série G (typ sarin).



Obř. 3: Přehled nervově paralytických látek série G a V

Šedesátá léta jsou ve znamení horečného zbrojení obou velmocí. Chemické arzenály jsou doplňovány o nové typy chemické munice s náplní především BCHL DRUHÉ generace. Dochází i k rozšíření chemických arzenálů o nové představitele BCHL určených k dočasnému vyřazení živé síly protivníka z boje, jako např. dráždivá látka *o*-chlorbenzylidenmalononitril (CS) nebo psychoaktivní BCHL chinuklidin-3-yl-difenylhydroxyacetát (3-chinuklidinylbenzilát, BZ). [1]

USA ve snaze zmírnit horečné zbrojení tohoto období studené války a oddělit kategorii CHZ se smrtícími BCHL od neusmrcujících, vyhlásují jednostranné embargo na použití CHZ. USA, ale počátkem 70. let vypovídají jednostranné embargo na použití CHZ, které vyhlásil prezident Nixon a na které nebylo Sověty reflektováno, naopak byly jimi dále překotně rozvíjeny a vyráběny všechny druhy zbraní, včetně CHZ. USA zahajují zbrojní projekt *Binary Lethal Weapons Systems (BLWS)*, s cílem obměnit starý chemický arzenál a eliminovat obtíže při skladování a likvidaci prošlých zásob chemické munice. Binární munice měla být vyvíjena pro sulfidický yperit, sarin a látku VX. Yperit byl ale záhy z projektu vyřazen. Vyvíjeny byly pouze základní typy dělostřelecké munice a letecké pumy.



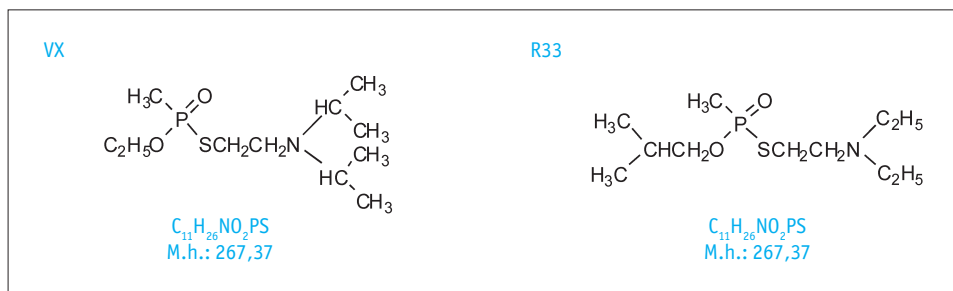
Obr. 4: Reakční mechanismy pro chemickou municí s binárními nervově paralytickými látkami

Sověti měli zpočátku k binární munici velmi rezervovaný vztah. Označovali binární municí za celkově méně účinnou a vzhledem ke složitější konstrukci za podstatně dražší v porovnání s municí plněnou unitární BCHL.

Celkově binární program prohlašovali za politický tah, který má zkomplikovat budoucí možnou mezinárodní kontrolu výroby CHZ a jejich komponent, zejména pak prekurzorů BCHL. Jejich postoj k binární munici byl determinován velkými zásobami BCHL, které byly minimálně dvojnásobné než zásoby americké, ale také nižším stářím části chemického arzenálu. [5]

Nezanedbatelný byl i fakt, že Sověti si v té době ještě příliš nelámali hlavu s likvidací expirované a vadné munice. Tyto okolnosti, ale s pokračujícím procesem vyjednávání o budoucí mezinárodní úmluvě o zákazu a likvidaci CHZ, přestávaly být významné, tím spíše, že i sovětský chemický arzenál postupně fyzicky zestárl.

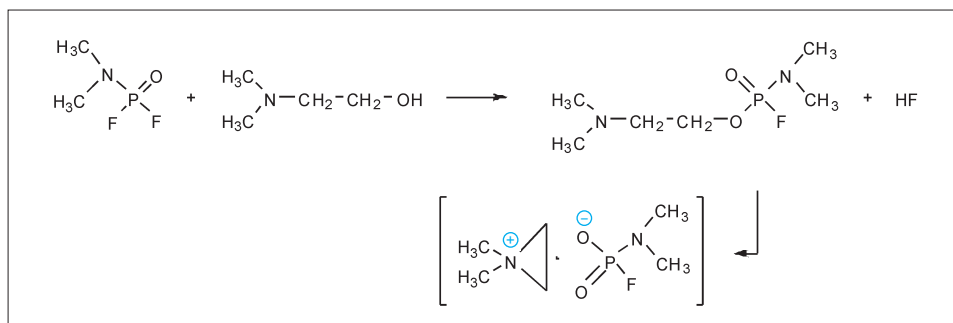
V této době se Sověti rozhodují doplnit do chemického arzenálu vlastní látku typu V, která je, jak se po létech ukázalo, isomerem a homologem americké látky VX [6], a která jim vzhledem k zavedené receptuře VR 55, soman zahuštěný polybutylmetakrylátem, v sortimentu BCHL ani příliš nechybí.



Obr. 5: Struktura americké a ruské VX

Mezitím se ukázalo, že ruská VX, označovaná jako R 33 je velmi citlivá při skladování i na stopové příměsi vody. Potřeba stabilizovat recepturu R 33, vývoj její zahuštěné verze VR 33, stejně jako její převod do binární podoby, obdobně jako snaha reagovat na americký projekt binární látky se střední těkavostí *Intermediate Volatility Agent* [7] (IVA), vedly v letech 1973 až 1976 k zahájení a eskalaci přísně tajného sovětského projektu Foliant.

Vlastní finalizovaná látka se střední těkavostí GP, též označovaná jako GV, se chová jako receptura s řízeným rozkladem, neboť v závislosti na teplotě prostředí, se v kapalně fázi přeměňuje na netoxický tuhý isomer *N,N*-dimethylaziridinium dimethylamidofosforfluoridát. [8]

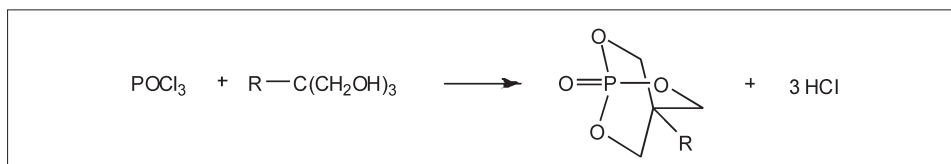


Obr. 6: Binární látka se střední těkavostí GP 2

Tím byly fakticky položeny základy ke vzniku třetí generace CHZ, binárních vysoce toxických NPL s okamžitým destrukčním účinkem (*ageing*) na životně důležitý enzym ACHE.

Vytypované organofosforové BCHL z projektů FOSFOR, Foliant a Novičok byly pak dále připravovány pro výrobu, vyrobeny zkušební šarže, obvykle okolo 10 tun, a po dořešení technologických problémů s vhodnou municí, testovány na chemických polygonech. Tyto rozsáhlé testy byly fakticky dokončeny až v období let 1991-93.

V období 60. až 80. let bylo také značné výzkumné úsilí věnováno novým toxickým sloučeninám s méně obvyklým, odlišným charakterem účinku od známých NPL série G a V. Příkladem může být výzkum skupiny toxických organofosforových bicyklických sloučenin, z hlediska syntézy snadno dostupných látek, které jsou na rozdíl od NPL inhibitory neurotransmiteru *gamma*-aminomáselné kyseliny (GABA). [5]



Obr. 7: Schéma syntézy bicyklofosfátů

Kolokol-1

Důkazem širokého zájmu ruského vojensko-chemického komplexu o sloučeniny se silným a neobvyklým charakterem účinku na živou sílu [9] je použití silného antikonvulzantu, jako bleskově působícího narkotika, speciální ruskou vojenskou jednotkou proti čečenským teroristům, při záchraně rukojmích v moskevském divadle Dubrovka dne 26. 10. 2002. Aniž analyzujeme průběh celé speciální protiteroristické akce, nebo počet ztrát rukojmích proti riziku fyzické likvidace téměř 800 lidí, je zde důležité, že jednotky FSB MV (Feděralnaja služba bezapasoni) po krátké přípravě použily úspěšně ve formě aerodisperze extrémně účinné anestetikum s velmi rychlým nástupem účinku.

Jednou z otázek kladenou zjištěnou veřejností a na jejíž odpověď s napětím čekali specialisté na CHZ po celém světě, byla i otázka o jakou látku se jednalo. Pomineme-li počáteční periodu, kdy se ruská oficiální místa pokoušela vzbudit dojem, že o žádném použití „plynu“ nic neví, se postupně objevovaly formulace o použití narkotika používaného běžně jako léčivo při operacích, a opakovaně byl zmiňován opiát fentanyl. Posléze se tehdejší ruský ministr zdravotnictví J. Ševčenko nechal slyšet, že se jednalo o derivát fentanylu, asi 80krát silnější než morfin. [10]

Ruský opoziční politik, ekolog a specialista na CHZ, L. Fedorov prohlásil, že se s největší pravděpodobností jednalo o carfentanil, derivát fentanylu, který je jako opiát a analgetikum tisíckrát silnější než morfin. Jako jedna z biologicky nejúčinnějších látek není v humánní medicíně oficiální, jako veterinární léčivo se používá k imobilizaci a uspání velkých zvířat a šelem.

Tiskem proběhly rovněž neautorizované zprávy, že použitá látka je prostředek, který již dříve vyvíjela KGB (Komitět gosudarstvenoj bezapasoni) pod názvem Kolokol-1. Podle jiných rovněž neoficiálních zpráv byl použit derivát fentanylu, konkrétně 3-methylfentanyl.

Struktura anestetik fentanylového typu				
Anestetikum	R ¹	R ²	R ³	Násobek účinnosti morfia [11]
fentanyl	H -	H -	H -	50 - 100
carfentanil	CH ₃ CO ₂ -	H -	H -	500 - 3000
3-methylfentanyl	H -	CH ₃ -	H -	800 - 1600
ohmefentanyl	H -	CH ₃ -	OH -	5500 - 11000

Obr. 8: Struktura komponenty neumrcující zbraně na bázi BCHL Kolokol-1

Dodnes ruské úřady, bez ohledu na nátlak domácí i světové veřejnosti, nevydaly oficiální a zcela konkrétní informaci o podstatě použité látky nebo směsi. Nicméně tato událost potvrdila dlouhodobý a trvalý zájem o sloučeniny s méně obvyklým charakterem účinku.

Dosud byly jako policejní plyny, protiteroristické prostředky, neusmrcující zbraně, prostředky na prosazování zákona, neutralizaci a likvidaci nepokojů, používány pouze dráždivé látky. Dubrovka 2002 se tak stala významným předělem, kdy ke speciální protiteroristické policejní akci byl použit silný opiát, tedy psychoaktivní sloučenina, psychofarmakum, jehož použití nebylo shledáno z hlediska mezinárodního práva nelegálním a porušujícím úmluvu o zákazu CHZ.

Projekt Foliant

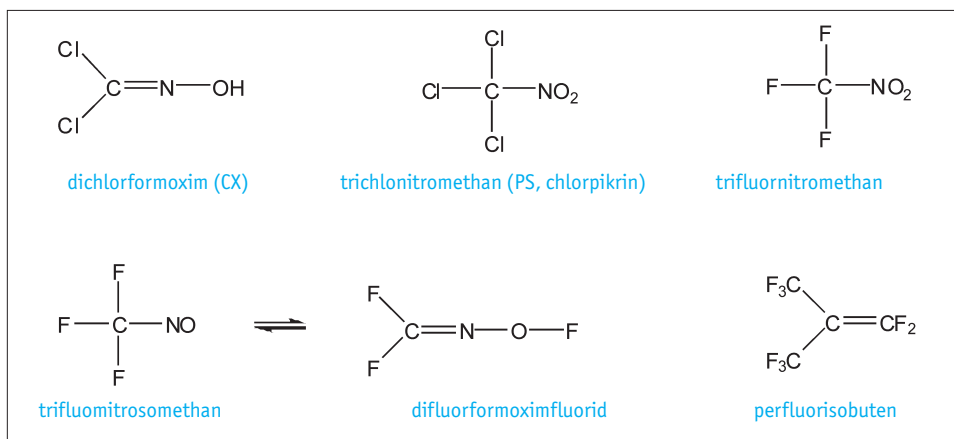
Tento projekt byl vyjádřením ruské snahy rychle dořešit některé problémy spojené s modernizací chemického arzenálu ještě před přijetím mezinárodní úmluvy o zákazu a likvidaci CHZ. Řešení projektu Foliant mělo za cíl nové BCHL, a to jak unitární, tak i binární receptury. [9] V SSSR fakticky již v průběhu druhé světové války probíhaly dlouhodobé projekty, z nichž mezi nejvýznamnější v oblasti chemických věd patřily projekty FTOR (fluor) a posléze i FOSFOR. [5]

Tyto projekty měly vysokou prioritu nejenom z národohospodářského, ale i zbrojního hlediska. Zvláštní pozornost byla věnována sloučeninám se silnými biologickými účinky. Příčinou, ale i důsledkem byl nejenom velký ruský vědecký potenciál soustředěný v této oblasti organické syntézy (V. M. Plec, A. E. Arbuzov, S. I. Volfkovič, M. I. Kabačnik, V. A. Kargin, I. L. Knunjanec a další), ale i poznatky o nové generaci CHZ, nervově paralytických BCHL, získané posléze jako kořist v poraženém fašistickém Německu.

Vcelku ani nepřekvapí, že Sověti již ve 40. a 50. letech zkoumali nové představitele klasických, zde pak dusivých BCHL, které jsou patrně schopny velmi efektivně pronikat přes filtry ochranných masek využívajících chemisorbentů na bázi aktivního uhlí. Tyto vesměs vysoce fluorované sloučeniny mohly způsobit při zařazení do výzbroje značné komplikace při organizaci nezbytných ochranných opatření.

Podle neautorizovaných zdrojů informoval Sovětský svaz v průběhu války přes třetí země Německo, že jsou připraveni jako odvetu na útok CHZ, použít vysoce toxické halogenované oximy, které se nezachycují filtrem německé polní masky.

Nejnámějšími představiteli se staly vedle dichlorformoximu, trifluornitromethan (fluoropikrin), trifluornitrosomethan resp. difluorformoximfluorid a perfluorisobuten (PFIB). Za nedostatek byl ale považován pomalý nástup účinků a celkově nízká toxicita při porovnání s NPL, převyšující pouze 10násobně toxicitu fosgenu. [5]



Obř. 9: BCHL zachycující se s nízkou sorpční účinností na aktivním uhlí

Z tohoto období také pochází většina poznatků o syntéze organofosforových a organofluorových sloučenin, dostatečně reaktivních, strukturně jednoduchých a vysoce toxických, aby se mohly stát základem pro novou, třetí generaci CHZ. [12, 13] Jistou překážkou je vesměs nízká stálost finálního produktu syntézy, ten je však minoritní v okamžiku, kdy je vyvinuta receptura binární a požadavek na stálost při skladování se přenáší na prekurzory.

Již počátkem 60. let byl registrován a interpretován fakt, že účinkem tzv. reaktivátorů acetylcholinesterasy (ACHE), což jsou vesměs isonitrosové sloučeniny, též nazývané podle své isomerní formy oximy a zpravidla odvozené od mono a biskvartérních pyridinových solí, vznikají nukleofilně substituční reakcí v některých případech fosforylované a fosfonylované oximy.

Ty místo aby snižovaly inhibiční působení původní organofosforové BChL na aktivní hydrolytické centrum ACHE, ho v derivatizované, oximové podobě velmi silně inhibují.

Pro zvládnutí, tedy terapii, intoxikace organofosforovými BChL, má soudobá medicína řadu prostředků, počínaje symptomatickými léčivými pro neutralizaci účinku nakupeného neurotransmiteru acetylcholinu, přes účinná cholinolytika, která chrání synaptické acetylcholinové receptory neuronální sítě, a kromě jiného i možnost zvýšit množství krevní butyrylcholinesterasy (BuCHE) intravenózním podáním transgenní BuCHE, která na sebe ochotně váže organofosforovou BChL ještě dříve než může zasáhnou synaptickou neuronální ACHE.

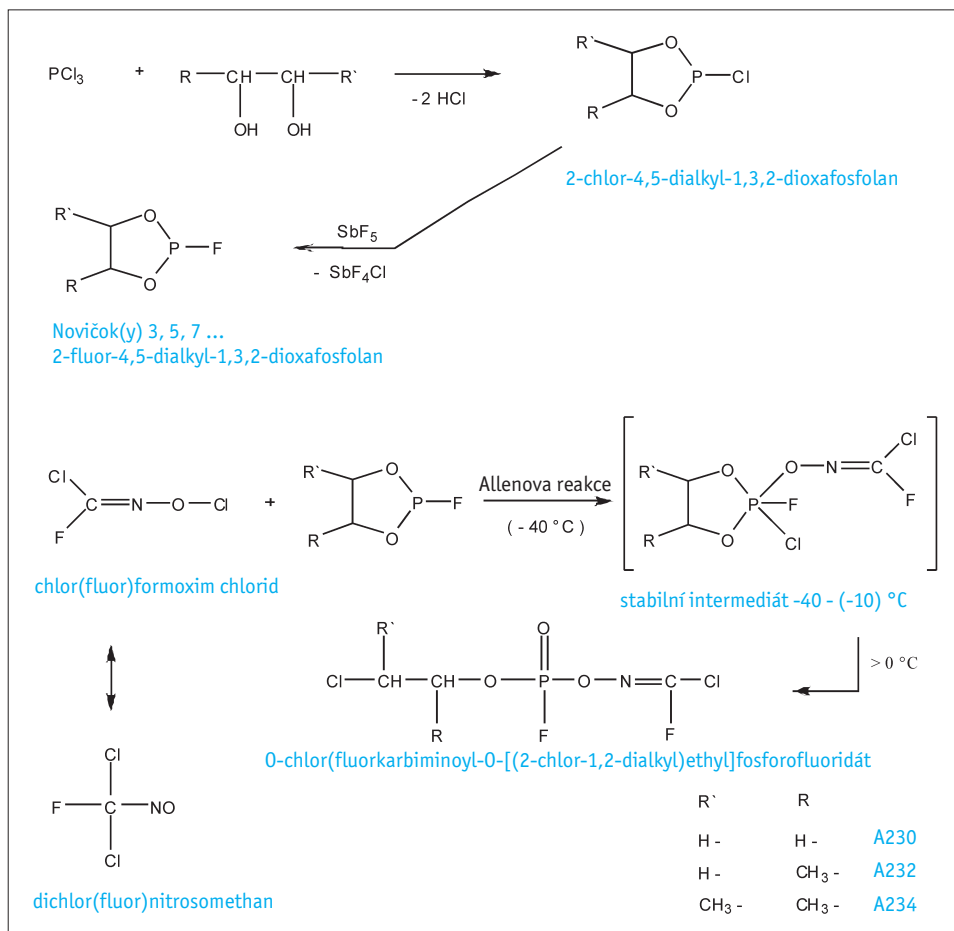
Žel, účinné reaktivátory jsou známy prozatím pouze na bázi převážně *N*-alkyl- pyridinových aldoximů. Je tedy zřejmé, že pokud bude noxa, tedy nová nervově paralytická BChL na bázi fosforylovaného oximu, bude zřejmě nutné se rozloučit s představou o obnově, reaktivaci inhibované ACHE působením oximu jako nukleofilního činidla a kauzálního léčiva. Rozloučit tím spíše, že působení takové BChL na synaptickou ACHE povede velmi rychle k fosforylované a dealkylované ACHE, jejíž životně důležitou aktivitu již nelze ničím obnovit.

Ke vniku fosforylovaného nebo fosfonylovaného oximu jsou zejména náchylné reaktivátory s aldoximem v poloze *para* k pyridinovému dusíku a z NPL pak látka GP, [14] soman, [15] postupně pak další organofosforové BChL série G. a V. Nejméně je k této reakci náchylný zřejmě sarin, resp. vzniklý fosfonylovaný oxim je nestabilní. [16]

Program Novičok

Pod tímto kódovým označením se skrývá homologická řada derivátů odvozených od 2-fluor-1,3,2-dioxafosfolanu, který velmi ochotně reaguje s chlor(fluor)formoximchloridem, který je tautomerní formou dichlor(fluor) nitrosomethanu (Allenova reakce), [17] sloučeninou geneticky blízkou dusivým látkám chlorpikrinu (trichlornitromethan), fluorpikrinu (trifluornitromethan) a trifluornitrosomethanu a jeho tautomerní formě difluorformoximfluoridu projektu FTOR, tj. dichlor(fluor)nitrosomethan, resp. chlor(fluor)formoximfluorid. Samotné novičoky jsou sloučeniny snadno syntetizovatelné řadou postupů. Výchozími látkami, počínaje fosforem, mohou být nejen klasické chloridy a oxochloridy fosforu, ale řada dalších meziproduktů z organické chemie fosforu, používaných zejména při výrobě pesticidů, plastifikátorů a detergentů. Ostatní sloučeniny lze považovat za látky pomocné. [18-22]

První konkrétnější informace o tajemstvích a legendami obklopenými novičoky byly získány teprve od přeběhlých osob, které se podílely na ruském programu biologických a chemických zbraní. Prvním významnějším byl Ken Alibekov, přední pracovník zařízení na výrobu bakteriologických zbraní BIOPREPARAT, který poskytl kromě informací o programu biologických zbraní i některé relevantní informace o novičocích. [23] Již konkrétní a přesnější informace byly získány od Vila Mirzjanova [24, 25], který po věznění za údajné indiskrece o programu



Obř. 10: Schéma syntézy novičoků a bojových chemických látek A 230, 232, 234

Látka	Parametr					
	M_r	$t.v. [^\circ\text{C}]$ (1,33 Pa)	d_4^{20}	n_D^{20}	Δ [hutnota par]	LCt_{50} (mg.min.m ⁻³) [odhad]
A 230	241,95	61-62	1,6116	1,4263	8,4	10
A 232	255,97	70-71	1,5153	1,4256	8,9	2
A 234	270,00	73-74	1,4143	1,4250	9,3	3

Tab. 1: Fyzikální vlastnosti a toxicita (LC₅₀) látky A 230, 232, 234 [22]

chemických zbraní byl určitou dobu vězněn za velezradu a posléze na nátlak demokratické veřejnosti propuštěn. Následovně se v roce 1994 vystěhoval z Ruska.

Nesporný podíl na jeho osvobození má i ekologický aktivista Lev Fedorov, který se velmi intenzivně angažuje v oblasti zveřejnění celého ruského chemického arzenálu, jeho likvidace, odstranění ekologických zátěží a ochraně zdraví obyvatelstva v dotčených oblastech. Fedorov byl společně s Mirzjanovem pronásledován státními orgány.

Mirzjanov byl vědeckým pracovníkem legendárního moskevského Státního vědeckovýzkumného institutu organické chemie a technologie, který je předním výzkumným pracovištěm nejenom v oboru chemických zbraní. Tento institut má i svou významnou expozituru v Šichanech, Centrálním vědeckovýzkumném vojensko-technickém institutu v uzavřeném vojenském městě v Saratovské oblasti, kde se také nachází, kromě jiného, v bezprostředním sousedství i Centrální vojenský chemický polygon, na kterém se testovaly vyvíjené chemické zbraně už v období mezi první a druhou světovou válkou.

Závěr programu Novičok byl ovlivněn koincencí s přijetím mezinárodní Úmluvy o zákazu a likvidaci chemických zbraní, která fakticky zabránila Rusku podepsat dokument v první skupině zemí. Ještě v roce 1991 byly rozdělovány státní ceny za zásluhy o úspěšný vývoj binárních CHZ (generál akademik A. D. Kuncevič a další). [9]

Jaké jsou tedy známé výsledky programu Novičok, [24] který navázal na projekt Foliant:

1.	R 33, unitární BCHL deklarovaná jako VX v roce 1989, vyrobeno 15 000 tun.
2.	Binární R 33, vyrobeny desítky tun, testovaná v roce 1988-89, přijata do výzbroje v roce 1990.
3.	A-230, unitární BCHL na bázi prekurzoru Novičok, vyrobeny desítky tun, testovaná v roce 1988-89, přijata do výzbroje v roce 1990.
4.	A 232, unitární BCHL na bázi prekurzoru Novičok-5, vyrobeno jen několik tun, nepřijata do výzbroje.
5.	A 232, binární BCHL na bázi prekurzoru Novičok-5, vyrobeno jen několik tun, testována 1989-90, schválena do výzbroje 1989, 5-8krát účinnější než VX.
6.	A 234, binární BCHL na bázi prekurzoru Novičok-7, vyrobeny desítky tun, testována 1993, 10krát účinnější než soman.

Tab. 2: Výsledky programu Novičok

Závěr

Souhrnně lze konstatovat, že byla vytvořena nová generace BCHL s řádově vyšší toxicitou než dosud známá nejtoxičtější BCHL, látka VX, a navíc následky intoxikace jsou trvalé, prakticky nevyléčitelné. Pro tuto generaci CHZ je charakteristická relativně jednoduchá technologie využívající dostupné základní a běžné suroviny, což nepochybně způsobí problémy kontrolních režimů v budoucnu.

Mechanismus účinku těchto nových BCHL je shodný s předcházející generací CHZ. Jedná se o velmi silné ireverzibilní inhibitory neuronální ACHE, tedy látky s nervově paralytickými účinky. Vzhledem k řádově vyšší toxicitě BCHL typu A 230, 232 a 234 ve srovnání s druhou generací CHZ, založených na využití toxicity klasických látek série G a V, je možné konstatovat, že obecně současné prostředky detekce již nemají potřebnou citlivost a selektivitu pro účinnou ochranu živé síly. Výjimkou jsou pouze prostředky chemického průzkumu, případně postupy chemické kontroly, založené na biochemické cholinesterasové reakci, která je shodná s podstatou specifického toxického účinku všech NPL. Jen v takovém případě vyšší toxicita znamená i nižší detekční limit, vyšší citlivost daného prostředku chemického průzkumu nebo metody chemické kontroly.

Vzhledem k tomu, že systém technických prostředků chemického průzkumu a kontroly chemického vojska AČR zahrnuje již tradičně řadu detekčních prostředků od jednodušších detektorů až po automatické přístroje, včetně polních chemických laboratoří, využívajících

biochemické cholinesterasové metody, je na tom chemické vojsko a AČR z tohoto hlediska poměrně dobře, na rozdíl od řady jiných i moderních armád včetně aliančních.

Těch armád, které se orientují pouze na určitý typ prostředku, obvykle rychlý automatický detektor využívající fyzikální nebo fyzikálně chemický princip. Takový nesystémový přístup v praxi pak znamená, že při jakékoli takovéto změně dochází k celkové ztrátě schopností, zde pak účinně ochránit živou sílu před účinky nejdůležitější skupiny BCHL, jako náplně chemické munice poslední, třetí generace CHZ. [26, 27]

Literatura:

- [1] ETTLE V. *Chemická válka*. Praha: Vědecký vojenský ústav, 1932. 415 s.
- [2] PITTSCHMANN V. *Historie chemické války*. Kounice: Military System, 1999. 172 s.
- [3] SCHRADER G. *Chemistry of Organophosphorus Pesticides*. New York: Springer-Verlag, 1963, 978 s.
- [4] SAUNDERS B.C. *Some aspects of the chemistry and toxic action of organic compounds containing phosphorus and fluorine*. Cambridge: University Press, 1957.
- [5] VACHO Moskva. Cyklus přednášek. Únor-červen, 1977. 167 s.
- [6] CLARK K. *The Chemical Weapons Convention*. RMCS. Shrivenham, 1997. 111 s.
- [7] ALEXANDROV V. N., JEMELJANOV V. I. *Otravjajuščije veščevstva*. 2. vyd., Moskva: Vojenoje izdatelstvo, 1990. 272 s.
- [8] HALÁMEK E., KOBLIHA Z., HRABAL R. *Phosphorus, Sulphur, Silicon Relat. Elem.*, 197, 1, 2004, s. 49.
- [9] FEDOROV L. A. *Chemical weapons in Russia: History, Ecology, Politics*. Center of Ecological Policy of Russia. Moskva, 1994. 71 s.
- [10] DEJMEK L. *Voj. zdrav. listy*, 78 (1), 2004, s. 27.
- [11] DOŠEN-MIČOVIČ L. *J. Serb. Chem. Soc.*, 69 (11), 2004, s. 843.
- [12] NIFANTJEV E. J. *Chimija fosfororganických sojedinenij*. Moskva: Izdatelstvo Moskovskovo univerziteta, 1971. 352 s.
- [13] PURDELA D., VILCEANU R. *Chimija organických sojedinenij fosfora*. Moskva: Izdatelstvo Chimija, 1972, 752 s.
- [14] TUŠAROVÁ I., HALÁMEK E., KOBLIHA Z. *Enzyme Mikrob. Technol.*, 25, 1999, s. 400.
- [15] PETROV A. N., SOFRONOV G. A., NEČIPORENKO S. P., KOMIN I. N. *Ros. chim. ž.*, 48 (2), 2004, s. 110.
- [16] HOSKOVCOVÁ M. *Studium imobilizovaných enzym-inhibitorových komplexů typu acetylcholinesteráza - organo-fosforová bojová látka*. [Doktorská práce]. Univerzita obrany Brno, Vyškov 2006, 114 s.
- [17] ALLEN J. F. *J. Am. Chem. Soc.* 79, 1957, p. 3071.
- [18] MARTYNOV I. V., KRUGLAK J. L., PRIVEZENCEVA N. F. *Zh. Obshch. Khim.*, 37, 1967, s. 1125.
- [19] MARTYNOV I. V., KRUGLAK J. L., LEJBOVSKAJA G. A., CHROMOVA Z. I., STRUKOV O. G. *Zh. Obshch. Khim.*, 39, 1969, s. 996.
- [20] KRUGLAK J. L., MALEKIN S. I., MARTYNOV I. V., STRUKOV O. G. *Zh. Obshch. Khim.*, 39, 1969, s. 1265.
- [21] KRUGLAK J. L., LEJBOVSKAJA G. A., MARTYNOV I. V. *Zh. Obshch. Khim.*, 39, 1969, s. 1263.
- [22] KRUGLAK J. L., MALEKIN S. I., MARTYNOV I. V. *Zh. Obshch. Khim.*, 42, 1971, s. 811.
- [23] ALIBEKOV, K. *Biohazard*. Naše vojsko. Praha, 1999. 360 s.
- [24] SMITHSON E. A., MİRZAYANOV V. S., LAJOIE R., KREPON M. *Chemical Weapons*. H.L.S. Center. *Report No. 17*, October 1995.
- [25] HOENIG S. L. *Compedium of Chemical Warfare Agents*. Springer. New York, 2007. 222 s.
- [26] HALÁMEK E. *Vojenské rozhledy*, 9(41), 2000, zvláštní číslo, s. 89.
- [27] HALÁMEK E., KOBLIHA Z., PITTSCHMANN V. *Analýza bojových chemických látek*. UO Brno, Ú OPZHN Vyškov, 2007. 142 s.